CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL:

A CAPACITAÇÃO BRASILEIRA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica

Volume 3

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
EDITORA

ISBN 85-225-0206-4

Direitos desta edição reservados à Fundação Getulio Vargas
Praia de Botafogo, 190 — 22253-900
CP 62.591 — CEP 22252-970
Rio de Janeiro, RJ — Brasil

Documentos elaborados para o estudo de ciência política realizado pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas, para o Ministério de Ciência e Tecnologia, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas nestes artigos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1ª edição — 1996

Coordenador do projeto: Simon Schwartzman

Edição do texto: Lucia Klein

Copidesque: Maria Isabel Penna Buarque de Almeida

Editoração eletrônica: Denilza da Silva Oliveira, Eliane da Silva Torres, Jayr Ferreira Vaz e Marilza Azevedo Barboza

Revisão: Aleidis de Beltran, Marco Antonio Corrêa e Fatima Caroni

Produção gráfica: Helio Lourenço Netto

Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica, v. 3 / Simon Schwartzman (coord.). – Rio de Janeiro: Editora Fundação Getulio Vargas, 1996.
420p.

V.1 publicado em inglês sob o título: Science and technology in Brazil: a new policy for a global world.

1. Ciência e tecnologia — Brasil. 2. Ciência e estado — Brasil. 3. Tecnologia e estado — Brasil. I. Schwartzman, Simon, 1939- I. Fundação Getulio Vargas.

CDD – 607.281

Sumário

Biotecnologia

*Antônio Paes de Carvalho**

1. Introdução

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um enfoque abrangente da biotecnologia no Brasil e no mundo, analisando os seguintes aspectos da área: multidisciplinaridade da base científica; capacidade geradora de tecnologias produtivas; configuração da indústria biotecnológica; seus mercados-alvo; ambiente regulatório; contornos econômicos e financeiros da atividade.

Na sua visão internacional, o trabalho baseia-se predominantemente nos levantamentos e avaliações anuais de Stephen Burril e K. B. Lee Jr. (1991 e 1993) sobre a indústria biotecnológica nos EUA (publicados pela consultora Ernst & Young) e em documentos emitidos pelo Office of Technology Assessment do Congresso dos EUA (1989 e 1991).

A parte sobre o Brasil se baseia no Programa de Competitividade Industrial para o Setor Biotecnologia, preparado pela Associação Brasileira das Empresas de Biotecnologia (Abrabi) e submetido à Câmara Setorial de Biotecnologia do então Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento em novembro de 1991. Trata-se de um documento em boa parte prospectivo, oferecendo uma visão dos próximos 10 anos de desenvolvimento da indústria biotecnológica no Brasil, podendo, portanto, ser usado para comparar as previsões com o que de fato vem ocorrendo. Estas comparações se baseiam em dados coletados recentemente pela Abrabi, no trabalho de Glacy Zancan (1992) sobre a formação de recursos humanos para a biotecnologia no Brasil, encomendado pela OEA, e em informações obtidas junto ao CNPq e ao MCT/Decop.

A partir da análise desses dados e das propostas de mecanismos e metas de longo prazo, o trabalho procura fazer uma avaliação da capacidade competitiva da biotecnologia brasileira, no cenário interno e no mercado internacional como um todo. Parte daí para recomendar ações que permitam a implementação do Plano de Competitividade Industrial para o Setor Biotecnologia, sugerindo-lhe

* O autor deseja registrar a excelente colaboração dos seguintes colegas na coleta, elaboração e análise dos dados apresentados: Renato Montandón e Ione Egler, do MCT/Decop; Celina Roitmann, Kumiko Mizuta e Marta Carvalho Humann, do CNPq; Patricia Lanari, da Fundação Bio-Minas; Américo Craveiro, do IPT/SP; Marcos Abilhoa, da Apebi e Biofill; Mário Cézar Cubas, do Centro de Desenvolvimento Biotecnológico de Joinville, SC; Homero Dewes, do Departamento de Biotecnologia/UFRGS; e Marc Diaz, da Fundação Bio-Rio. O autor agradece também o apoio administrativo de Isabel Cruz e Maria José Souza, bem como do *staff* da Abrabi.

algumas correções de curso diante da realidade científica, tecnológica, industrial e sócio-cultural brasileira.

2. O que é biotecnologia

Biotecnologia é toda tecnologia de produção industrial que utiliza seres vivos ou partes funcionais isoladas de seres vivos.

Os processos biotecnológicos são, portanto, de natureza bioquímica e biofísica, isto é, têm geralmente lugar numa ambiência química e físico-química complexa, em que os principais reagentes e/ou catalisadores estão na forma de seres vivos ou de suas partes funcionantes (até o nível de biomoléculas complexas).

A tecnologia da produção biotecnológica consiste no conjunto de técnicas de otimização da manipulação industrial de seres vivos e de suas partes. Incluem-se aí não só as técnicas centrais de obtenção de produtos por via biotecnológica, como também o conjunto de técnicas de processamento desses produtos e de sua conservação até a entrega ao mercado. Essa tecnologia abrange, também, as técnicas gerenciais desses processos e, no seu sentido mais amplo, imbrica-se com a gestão da própria empresa.

A biotecnologia se embasa e interage intensamente com as ciências biológicas, especialmente a bioquímica, biofísica, fisiologia, genética, microbiologia, virologia, parasitologia, farmacologia e imunologia, entre outras. Todas estas áreas são utilizadas como disciplinas instrumentais na manipulação de microorganismos e de células e tecidos vivos de animais e de plantas. A biotecnologia vale-se também de outras disciplinas (ecologia, botânica e zoologia) na seleção de seres vivos naturais diretamente úteis, ou que sejam bons candidatos para manipulação genética final, além de ter importantes correlações com a química fina, especialmente na química de produtos naturais e na engenharia molecular.

A área também tem uma forte interação com as engenharias (especialmente engenharia química, no que tange ao desenvolvimento e à operação de equipamentos e processos de produção, controle e processamento de insumos e produtos biotecnológicos).

A biotecnologia exige uma gestão tecnológica altamente especializada e estratégias mercadológicas e administrativas adequadas. Explora, assim, uma extensa interface com o direito e as áreas de administração de empresas e de economia, todas relevantes para o desenvolvimento de uma biotecnologia competitiva e socialmente ajustada. No campo da gestão tecnológica, desempenha um papel central o que se convencionou chamar de "tecnologia industrial básica" (propriedade intelectual, normalização técnica, controle e certificação de qualidade, licenciamento e, mais recentemente, a regulação do impacto ambiental da experimentação e do uso dos produtos bioindustriais), que é o quadro de referências no qual se desenvolve o jogo do mercado, dentro e fora do país. As regras de acesso ao mercado constituem um fator crítico para o sucesso de um empreendimento, especialmente para os pequenos negócios de base tecnológica.

Finalmente, a atividade empresarial de produção e comercialização de bens e serviços biotecnológicos requer uma ambiência macroeconômica favorável, com destaque, entre outros aspectos, para a disponibilidade de níveis adequados de financiamento e a existência de mecanismos de acesso a esses financiamentos.

Classificação das biotecnologias segundo o grau de inovação tecnológica

A biotecnologia trabalha em dois níveis tecnológicos distintos. O primeiro, conhecido como *biotecnologia clássica* ou *convencional*, trabalha com seres vivos encontrados na natureza e otimizados pela mão do homem para determinada função produtiva, mediante isolamento, seleção e cruzamentos genéticos naturais (ainda que induzidos) entre espécies e variedades sexualmente compatíveis. As técnicas para essa otimização são geralmente práticas laboratoriais e de campo amplamente conhecidas, como também o são as tecnologias não-biológicas necessárias à produção industrial na biotecnologia clássica. Incluem-se nesta classificação vários processos biotecnológicos comuns, baseados em fermentação por microorganismos, como a produção de antibióticos, álcool combustível, vinho e cerveja. Também faz parte da biotecnologia clássica a produção industrial de sementes, inclusive as de híbridos de alta produtividade gerados por técnicas convencionais de melhoramento vegetal, a produção de imunossoros pela imunização de grandes animais, e toda a produção convencional de vacinas.

O segundo nível tecnológico é conhecido como *biotecnologia moderna*,[1] cujo trabalho se inicia com seres vivos naturais para obter outros seres vivos não-encontráveis na natureza, pela aplicação de técnicas não-naturais de seleção, transformação genética e otimização fisiológica. A modificação pode ser genética, utilizando-se a chamada "engenharia genética"(um conjunto de técnicas de biologia molecular) para introduzir características de interesse industrial, cuja transferência ao organismo em causa seria impossível por métodos naturais. Ou pode ser meramente funcional, caso em que se aproveitam certas propriedades especiais de células e tecidos para transformá-las funcionalmente em instrumentos de bioprodução, cujos mecanismos de ação não ocorrem espontaneamente na natureza.

A transformação de uma bactéria comum intestinal (*Escherichia coli*) pela inserção do gene da insulina humana é um bom exemplo do primeiro tipo de biotecnologia moderna, a engenharia genética. A bactéria transformada passa a "expressar" (produzir em quantidade significativa) a insulina humana, que é um polipeptídio característico do homem. Outro exemplo é a introdução do gene da

[1] Utiliza-se por vezes uma subdivisão da biotecnologia moderna em biotecnologias intermediárias e biotecnologias modernas. Biotecnologia moderna seria reservada tão-somente à engenharia genética e à tecnologia de anticorpos monoclonais. As biotecnologias intermediárias, conhecidas há mais tempo, seriam todas as baseadas em alteração e controle do estado funcional de células isoladas.

encefalina humana em um cereal oleaginoso (a colza), que passa a "expressar" no seu grão essa valiosa substância, típica do organismo animal.

O segundo tipo de biotecnologia moderna baseia-se em uma variedade de técnicas da biologia celular, que permitem manusear e controlar o funcionamento celular em condições operacionais bem diversas das naturais. Incluem-se aqui as culturas de células e tecidos de animais e plantas. Além das simples culturas, já por si de interesse industrial (como a "micropropagação de vegetais"), obtém-se a fusão de células de organismos distintos. Esses produtos de fusão são de extraordinário interesse científico e comercial. Exemplo disso são os "hibridomas", produtos de fusão artificial entre células de organismos totalmente distintos, mas que ganham vida própria especializada para a produção *in vitro* de anticorpos monoclonais, moléculas imunes de altíssima especificidade que são de importância na produção de *kits* diagnósticos para a saúde humana e animal. Fazem parte, ainda, das biotecnologias modernas todas as manipulações de partículas subcelulares (como biomembranas e ribossomas) e biomoléculas ditas "constitucionais", como enzimas várias e segmentos de DNA/RNA utilizados como "biossensores" e como "sondas moleculares".

Claramente, o ponto em comum das biotecnologias modernas é a utilização de técnicas sofisticadas e inovadoras de obtenção e de manipulação do ser vivo produtor. O desenvolvimento destas técnicas e da capacidade de inovação neste setor de ponta é um item crítico da estratégia de modernização progressiva e competitividade crescente do enorme mundo das biotecnologias clássicas, agregando mais valor à produção atualmente obtida. Torna-se, além disso, um item estratégico importante por si só, pelo seu potencial de geração de novos produtos para novos mercados até então alheios à biotecnologia.

Produtos da biotecnologia

A biotecnologia — moderna ou clássica — abrange duas categorias fundamentais de produtos: primários e secundários.

São produtos primários da biotecnologia os próprios seres vivos (ou suas partes funcionantes), fabricados pela indústria biotecnológica. Os produtos primários, sejam eles simplesmente selecionados pela genética clássica (biotecnologia clássica) ou transformados pela biotecnologia moderna, podem constituir-se em:

- *produtos finais*, como em alguns casos de produção de biomassa comercializada diretamente ao mercado final;
- *insumos*, como biomassas para processamento industrial posterior, usualmente por outras tecnologias;
- *agentes biológicos de produção*, como em processos fermentativos na indústria química, químico-farmacêutica ou de bebidas fermentadas.

É *primária*, portanto, a produção industrial de seres vivos, utilizando uma gama de processos naturais ou artificiais, induzidos pelo homem. Embora abrangendo desde a seleção genética direcionada até a engenharia genética, esses processos excluem, portanto, a simples reprodução espontânea de animais e vegetais por processos naturais, que caracteriza a agricultura e a pecuária.

São *produtos secundários* da biotecnologia todos aqueles que resultam das operações industriais que utilizam produtos primários como agentes biológicos de produção. Os produtos secundários, que têm impacto em uma ampla gama de mercados, são, em sua maioria, bioquímicos, entregues ao mercado seja como moléculas básicas prontas, que necessitam apenas de "formulação" (como a insulina obtida por via recombinante), ou como insumos químicos a serem incorporados a outros produtos ou consumidos em outros processos produtivos.

3. Estruturação orgânica da indústria biotecnológica

Os atores e suas inter-relações

O entendimento da estruturação da indústria biotecnológica é essencial à compreensão de suas relações não só com o mercado, como também com sua principal "externalidade": sua base científico-tecnológica institucional.

Na biotecnologia — da mesma forma que na informática — raramente a inovação tecnológica atinge seus mercados-alvo através de um pulo direto da bancada de um laboratório acadêmico para a linha de produção de uma grande indústria. No mundo real, a transição passa geralmente por todo um processo adaptativo que implica a interveniência de um grupo de base técnico-científica capaz de traduzir os processos e produtos científicos em processos e produtos industriais. O grupo intermediário pode ser um excelente departamento de P&D de uma grande indústria. Mas em biotecnologia, como em outras tecnologias "de ponta", essa função freqüentemente é desempenhada pelas micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica, elo fundamental na tradução da fronteira da ciência em tecnologia produtiva inovadora. Cumpre às empresas de base tecnológica gerar produtos/serviços/tecnologias em formato e quantidades industriais, para mercados-alvo específicos, na maioria das vezes representado por grandes empresas industriais e comerciais, com amplo acesso ao mercado final.

Tendo em vista o exposto, entende-se que: indústria biotecnológica é o conjunto das indústrias geradoras de produtos biotecnológicos primários e secundários. São empresas que utilizam biotecnologias para a geração e/ou transformação de insumos, produtos e serviços.

A indústria biotecnológica compõe-se, *grosso modo*, de dois segmentos distintos (embora com uma "zona cinzenta" de transição):

• *empresas dedicadas à biotecnologia* (*EDBs*; o equivalente, em inglês, às DBCs, *dedicated biotechnology companies*) — são usualmente micro e pequenas (e até médias) empresas, dedicadas principalmente ao desenvolvimento tecnológico e à geração de produtos modernizadores, seja para o mercado final, seja para grandes clientes (produtos biotecnológicos primários ou, verticalizadamente, produtos primários e secundários).

• *empresas de bioprodução* (*EBPs*) — usualmente são médias e grandes empresas que utilizam seres vivos (ou suas partes funcionantes) para a produção industrial de biomassa ou de produtos biotecnológicos secundários dirigidos a mercados de porte significativo. O que caracteriza essas empresas é a sua organização do tipo empresa industrial clássica, com ênfase na estruturação da produção (inclusive controle de qualidade) e da comercialização. Constituem, portanto, um mercado-alvo natural de tecnologias, insumos, produtos e serviços das EDBs.

As EDBs apresentam como ponto forte a capacitação técnico-científica, que lhes garante ligação natural com a base científica institucional da biotecnologia, localizada nas universidades e institutos tecnológicos autônomos. Por outro lado, o seu porte e a sua preocupação central com a tecnologia fazem com que as EDBs tenham duas dificuldades: o acesso ao capital e ao mercado. Assim, embora muitas EDBs sejam formadas com a intenção de se transformarem eventualmente em grandes empresas, isso de fato ocorre apenas com uma minoria (como foi e vem sendo o caso da informática). Desse modo, embora o acesso direto ao mercado final não lhes seja vedado e seja até mesmo desejável, a maioria das EDBs precisa alcançar algum tipo de articulação e equilíbrio com empresas maiores, que podem ser importantes parceiras para resolver precisamente as duas dificuldades citadas. Essa integração operacional abrange toda uma gama de opções, que vai da formação de redes de produtores/consumidores até um relacionamento mais direto e interdependente de terceirização, ou mesmo a incorporação em um grande grupo, como subsidiária ou coligada.

A estratégia de aproximação com as EDBs como elemento fundamental de qualidade, produtividade, competitividade nacional e internacional e lucratividade é uma importante oportunidade para as EBPs. O investimento das EBPs nas EDBs como forma de pré-apropriação da fronteira tecnológica faz parte dessa estratégia. O estabelecimento de consórcios pré-competitivos entre grupos de EDBs e EBPs como mecanismo de desenvolvimento tecnológico rápido tem sido menos comum, embora também seja uma via importante. A existência de um núcleo de pesquisa e desenvolvimento (NPD) nas EPBs, que sirva como elemento de interface com as EDBs e a ciência, é um coadjuvante importante dessas interações, além de fator para a manutenção de uma vanguarda no controle de qualidade e na absorção e desenvolvimento da fronteira tecnológica competitiva.

Boa parte das interações das grandes empresas com a ciência e com as micro, pequenas e médias empresas dedicadas à biotecnologia (EDBs) tende hoje

a se processar na ambiência dos pólos ou parques tecnológicos. Nos EUA, cerca de 70% sobrevivem e progridem se criadas e nutridas na ambiência de um parque tecnológico. A taxa de sobrevivência reduz-se a 30% se essas empresas se instalam independentemente da base científica, fonte permanente de aprimoramento de sua capacidade de inovação.

Os mercados-alvo da indústria biotecnológica

O principal mercado da indústria biotecnológica (EDBs e EPBs) é o conjunto de instituições e empresas que utilizam ou transformam insumos, produtos e serviços biotecnológicos produzidos por essa indústria, incorporando-os em produtos/serviços destinados aos grandes mercados dentro e fora do país. Esse conjunto, que poderíamos chamar de *empresas transformadoras de biotecnologia* (*ETBs*), está subdividido em um certo número de grandes mercados-alvo, listados a seguir. As empresas transformadoras não utilizam biotecnologias. Portanto, tecnicamente, não são parte da indústria biotecnológica. Entretanto, uma empresa tipicamente de biotecnologia pode apresentar-se como mercado dentro da própria indústria, absorvendo como insumos ou fatores de produção os produtos de outras empresas de biotecnologia. É o caso típico da relação EDB/EBP vista anteriormente. Em razão dessa latitude de clientela, as estratégias mercadológicas da biotecnologia organizam-se tendo em mente um certo número de mercados-alvo, a saber:

• *instituições científicas e núcleos empresariais de P&D ativos na biotecnologia moderna* — insumos e serviços biológicos especiais para a pesquisa e o controle de qualidade industrial (*probes* recombinantes e imunológicos; serviços especializados de análise e de síntese de biomoléculas);

• *saúde humana* — produtos diagnósticos e terapêuticos (*kits* diagnósticos, vacinas, imunotraçadores e imunoendereçadores, biofármacos, antibióticos etc.); novos produtos protéticos e cirúrgicos (pele artificial, bioválvulas etc.); hemoderivados; terapia genética; serviços, processos e métodos biotecnológicos de apoio ao diagnóstico, tratamento e prevenção de doenças em laboratórios, clínicas, hospitais, postos de saúde e campanhas de saúde pública, excluídos os veiculados pela indústria farmacêutica;

• *agricultura e pecuária* — melhoramento vegetal clássico e transformação genética de plantas (resistência a doenças, pragas, condições adversas de solo e clima, produtividade, valor nutricional e industrial); condicionamento biológico de solos (recuperação, fixação biológica de nitrogênio, captação de nutrientes inorgânicos críticos para o desenvolvimento das plantas); biopesticidas; diagnóstico e controle fitossanitário; melhoramento de rebanhos e técnicas modernas de repro-

dução e clonagem; diagnóstico, terapêutica e prevenção de doenças de animais; transformação genética de animais;

• *indústria de alimentos e nutrição* — alimentos fermentados sólidos e bebidas, enriquecimento nutricional e outros aditivos, corantes e conservantes;

• *indústria química* — produção de substâncias químicas de importância industrial por fermentação, por biocatálise e por outras biotecnologias;

• *indústrias da biomassa* — produção e processamento de biomassa (proteína unicelular, celulose para papel e energia, álcool, biogás, biofertilizantes e outros derivados de biomassa); meio ambiente (manejo e aproveitamento de rejeitos urbanos e industriais, engenharia ecológica, manejo florestal, despoluição); exploração petroleira (recuperação, desobstrução e tamponamento de jazidas, descontaminação ambiental pós-vazamentos, processos petroquímicos coadjuvantes à perfuração, gomas lubrificantes); mineração (biolixiviação de minérios de baixo teor, biomanejo de resíduos/efluentes, recuperação ambiental);

• *biônica (equipamentos/informática)* — incorporação de produtos primários e secundários da biotecnologia a máquinas e equipamentos (biossensores, *biochips*).

Base científica institucional

Principal "externalidade" da biotecnologia industrial, a sua base científica e tecnológica institucional constitui-se de um conjunto de grupos de pesquisa e pós-graduação localizados em universidades e institutos tecnológicos, ativos em pesquisa básica ("proativa" ou conducente a desenvolvimento tecnológico) e em pesquisa aplicada, relacionadas com a biotecnologia, além de uma certa atividade de desenvolvimento tecnológico propriamente dito.

Cabe às instituições científicas (e aos institutos tecnológicos) a função primordial de formação de profissionais graduados e pós-graduados familiarizados com a pesquisa científica, ao lado da colaboração com escolas técnicas na formação do técnico de nível médio.

Além da excelência individual das lideranças e de boas condições de trabalho, a relação saudável de estímulos e interesses com a indústria biotecnológica e a sociedade em geral requer que esses grupos de ensino e pesquisa tenham uma "massa crítica pensante" capaz de participar, juntamente com a indústria, da análise de problemas e da busca de soluções inovadoras. Calcula-se que o tamanho ideal para um grupo altamente especializado seja da ordem de 40 pessoas, contados desde o líder do grupo e seus principais colaboradores vinculados ao quadro institucional até os pós-doutorandos, os pós-graduados (mestrandos e doutorandos), os estagiários de iniciação científica ou tecnológica, os técnicos de segundo

grau e estagiários de escolas técnicas, além da infra-estrutura administrativa (secretarial) mínima. Atingir essa configuração deve ser uma meta para os grupos científicos que aspiram a uma relação relevante com a idústria.

A interface ciência-indústria

Os núcleos empresariais de P&D

Um departamento ou núcleo de pesquisa e desenvolvimento de empresa cumpre algumas funções fundamentais:

• absorve, traduz e dá assistência a tecnologias prontas adquiridas pela empresa;

• pesquisa e introduz melhorias de processo na tecnologia em uso, em colaboração com os técnicos da área de produção;

• pesquisa e desenvolve novos produtos para o mercado, em colaboração com os técnicos da área comercial e de produção;

• interage com os pesquisadores e técnicos das instituições científicas e empresas no equacionamento de problemas reais do mercado e da linha de produção, propondo e participando de projetos multidisciplinares pré-competitivos, capazes de responder às necessidades atuais da empresa ou de embasar o desenvolvimento de novas tecnologias e novos produtos;

• mantém-se a par do desenvolvimento científico e tecnológico mundial do setor, buscando descobertas e invenções que possam ser incorporadas como novas tecnologias e novos produtos.

Um núcleo de P&D empresarial de bom nível exige uma equipe tão qualificada quanto a dos núcleos das instituições científicas, com os quais deve ser capaz de interagir em igualdade de informação e nível intelectual. As diferenças entre os dois tipos de profissionais reside mais na ênfase de suas atividades do que na sua qualidade.

Caso especial é o do investimento estrangeiro, direto ou em *joint venture*, no qual a fonte primária de tecnologia e sua renovação dependem usualmente de núcleos de P&D fortes, mas localizados no estrangeiro. Trabalhando com tecnologias convencionais ou de ponta, estas empresas podem sobreviver no Brasil com um esforço mínimo de P&D local. Empreendimentos deste tipo, extremamente importantes no desenvolvimento da economia nacional, trabalham estritamente a partir de uma ótica de economicidade e mercado mundial, pouco representando para o domínio de novas tecnologias pela comunidade brasileira de

C&T. Constituem exceção aqueles que optam por desenvolver tecnologia no Brasil, o que poderá se tornar mais freqüente à medida que nosso parque de C&T aumente sua disponibilidade de pessoal altamente qualificado e tenha facilidades atualizadas para pesquisa e livre acesso ao mercado mundial de insumos finos e equipamentos sofisticados.

Nas tecnologias de ponta, merecem destaque as *joint ventures* sob controle tecnológico de capitais nacionais, que podem passar a ser de grande interesse para o desenvolvimento da capacidade nacional em C&T, desde que sejam observadas duas condições fundamentais. A *primeira* é que a *joint venture* se proponha a desenvolver tecnologia própria no Brasil, em colaboração com o sócio estrangeiro, que, além da tecnologia produtiva inicial, trará a *cultura* e a *prática* do P&D industrial. A *segunda* é que se estabeleça uma colaboração internacional profícua (trabalhos científicos e formação de pessoal) entre as instituições científicas relacionadas com os núcleos de P&D das duas empresas (brasileira e estrangeira) formadoras da *joint venture*.

O modelo proposto acima é de importância fundamental para a internalização, no parque nacional de C&T, das bases das tecnologias absorvidas ou geradas pela *joint venture*. Estas bases, que constituem a parte "não-proprietária" (teoricamente de domínio público) da tecnologia, acham-se, na realidade, "ordenadas" de acordo com a lógica própria daquele processo produtivo específico. O acesso a essas bases é essencial para a formação de cientistas e técnicos capazes de trabalhar, pensar e continuar a desenvolver a tecnologia.

Balcões e redes de oferta tecnológica

As relações de intercâmbio e colaboração entre as grandes instituições científicas e as grandes empresas são conhecidas. Baseiam-se fundamentalmente em uma oferta tecnológica existente, que busca clientes para a compra de serviços vários, inclusive consultoria e formação de especialistas. Essas relações podem avançar até projetos colaborativos de P&D, que se tornam possíveis quando, do lado das empresas, existem núcleos de P&D consolidados.

Essas relações diretas das instituições científicas com a grande indústria demandam considerável organização da interface que, usualmente, se situa dentro da própria instituição científica que se dispõe a atender uma seleta clientela através de *balcões de tecnologia*, embasados em bancos de informações sobre a oferta tecnológica institucional. Para cumprir o papel de interface eficiente, esses "balcões de oferta tecnológica" devem ser capazes de prover uma ampla gama de serviços de apoio (assistência técnico-científica, administrativa, financeira e jurídica, inclusive para transferência de tecnologia e propriedade industrial). A dificuldade está, naturalmente, na capacidade institucional de ter uma oferta significativa para um mercado variado e, portanto, não-predefinido, no caso das instituições pequenas; a mesma dificuldade é acrescida da usual falta de conhecimento sobre si próprias, típica das instituições de maior porte.

Ao se tentar contornar o problema da oferta tecnológica restrita através da formação de "redes de tecnologia", aumentou-se, em contrapartida, o problema da dificuldade de informação, que rapidamente se desatualiza, tornando-a inócua para os objetivos do cliente. O modelo "rede de tecnologia", hoje potenciado com o "correio eletrônico" e a "conferência eletrônica", já existe nos níveis regional e internacional nos países desenvolvidos; mas será sempre uma estrutura de primeira aproximação quando se trata de desenvolver e transferir tecnologias proprietárias que deverão ser aproveitadas na produção industrial.

As EDBs como mecanismo de interface

Além das naturais dificuldades de diálogo direto ciência-indústria, somente as grandes empresas já inseridas em determinado filão mercadológico têm capacidade financeira de enfrentar atividades realmente inovadoras de P&D, abrangendo a pesquisa científica básica e aplicada. Contudo, o impulso inovador da grande empresa é tolhido pela sua "cultura", avessa à incorporação de inovações que possam colocar em risco suas linhas tradicionais de produtos, que amparam imensas frentes comerciais.

Usualmente, a inovação tecnológica radical entra na grande empresa já de forma pronta ou semi-acabada. Embora a inovação resulte, em grande parte, do trabalho que se realiza nas instituições científicas, são as micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica que, usualmente, se situam no caminho do desenvolvimento final das idéias lá iniciadas. Essas empresas de pequeno e médio portes e forte base tecnológica representam, nos EUA, a principal fonte de inovação industrial e de transferência tecnológica entre as comunidades científica e empresarial. Cerca de 84% da inovação tecnológica incorporada ao mercado americano se origina na ação inovadora das micro, pequenas e médias empresas. Em vista disso, a aproximação com as EDBs constitui uma estratégia fundamental de competitividade no mercado para todas as empresas que dependem de produtos biotecnológicos como insumos ou como tecnologia de fabricação de produtos, biotecnológicos ou não.

O papel dos parques tecnológicos

As empresas de base tecnológica, especialmente em setores de ponta como a biotecnologia, trabalham em grande complementaridade com as instituições científicas de que se originaram. Como a baixa capitalização é uma característica típica dessas empresas, elas dependem fortemente de terceiros para equipamentos e facilidades. Costumam ser, também, grandes usuárias de estagiários de nível superior (até pós-doutorandos), pois são um excelente campo de formação complementar destes profissionais. Por todas essas razões, as micro e pequenas empresas de base tecnológica tendem a aglomerar-se em torno dos grandes cen-

tros de produção de ciência, formando parques científico-industriais ou parques tecnológicos.

O efeito de massa crítica intelectual, a racionalização de investimentos em facilidades físicas e equipamentos de grande porte e a indução ao trabalho colaborativo vêm provocando uma tendência crescente para a concentração geográfica da biotecnologia (especialmente a biotecnologia moderna) em torno de alguns grandes núcleos institucionais de ciência e tecnologia.

A principal característica dos parques tecnológicos é a forte concentração geográfica de instituições de pesquisa científica e tecnológica, cercadas por, ou entremeadas com, pequenas e médias empresas de base tecnológica e por departamentos de P&D de grandes empresas engajadas em tecnologia de ponta. Além da simples convivência física, um parque tecnológico deve assegurar mecanismos autônomos e eficientes para:

• cooperação entre instituições científicas, empresas e escolas técnicas na formação, aperfeiçoamento e educação continuada de recursos humanos para a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico;

• colaboração entre instituições científicas e empresas para a *pesquisa científica* e o *desenvolvimento tecnológico*, com especial atenção para a colaboração pré-competitiva entre empresas, em forma consorciada (propriedade comum de resultados);

• apoio gerencial e técnico-científico para empresas nascentes, em regime de *incubadora de empresas*;

• *apoio gerencial e técnico-científico* para a implantação de centros de P&D e de industrialização de tecnologias avançadas nas empresas associadas, residentes ou não;

• *captação de recursos financeiros* públicos e privados (capital de risco, financiamentos, contratos) e mobilização de *incentivos fiscais* para a implantação e consolidação de atividades de P&D nas empresas;

• *racionalização de investimentos*, através da complementaridade e utilização compartilhada das principais facilidades de grande porte ou alta especialização, entre instituições científicas e empresas.

• *promoção de intercâmbio e colaboração científica* com outros centros, pólos e empresas no Brasil e no exterior;

• incentivo à *captação e absorção externa de tecnologias* e ao estabelecimento de *joint ventures* em torno de produtos, tecnologias e seu desenvolvimento cooperativo;

• estabelecimento de *núcleos de controle e certificação de qualidade de produtos*, como parte intrínseca de uma ação permanente de promoção da qualidade como base do *marketing* de um conjunto de empresas de alta tecnologia.

4. Situação da biotecnologia no mundo

A análise que se segue se restringe à *biotecnologia moderna*, já que a biotecnologia industrial clássica tem seus bioprocessos e bioprodutos bem estabelecidos, em um mercado internacional amplo e, até agora, pouco exigente em termos de tecnologias inovadoras. A biotecnologia clássica não constitui, portanto, uma tecnologia de ponta e pode ser tratada como um mercado-alvo para a biotecnologia moderna, esta, sim, de caráter estratégico, pelo seu potencial inovador e por suas relações com o desenvolvimento científico e tecnológico.

A atual biotecnologia industrial moderna (ligada aos variados usos das técnicas da biologia celular e molecular) baseia-se em desenvolvimentos científicos do final das décadas de 50 e 60 que, liderados pela "engenharia genética", abriam tantas e tão fantásticas oportunidades de transformação da qualidade de vida e de substituição de tecnologias antieconômicas que, já nos anos 70, começou a se constituir, nos países centrais (principalmente nos EUA), uma nova categoria de empresas de base tecnológica: as EDBs.

A indústria biotecnológica moderna nos EUA

Tendo em vista seu papel pioneiro e de líder inconteste da atividade produtiva biotecnológica moderna, a experiência dos EUA foi tomada como principal referencial neste trabalho.

São três as características fundamentais da indústria biotecnológica moderna americana.

Primeiro, ela se originou e se fortaleceu através de EDBs. A maior parte dessas EDBs originou-se por *spin off* do ambiente universitário, embora, em alguns casos, EDBs tenham sido criadas como *spin out* de indústrias biotecnológicas clássicas de maior porte, ou de indústrias usuárias de produtos biotecnológicos.

Segundo, ela guardou, ao longo do seu crescimento, relações íntimas com a sua base técnico-científica. Uma maioria começou dentro ou ao lado de grandes centros de pesquisa; e cresceu na vizinhança geográfica desses centros geradores, guardando com eles laços importantes de intercâmbio e fertilização cruzada, quase sempre informais. O aproveitamento da estruturação em parques tecnológicos é um dos pontos fortes da biotecnologia industrial americana. Localizam-se

em 15 parques tecnológicos periuniversitários 85% das 1.231 EDBs recenseadas em 1993 por Stephen Burril (Burril & Lee, 1991).

A terceira característica refere-se ao estilo peculiar de capitalização e financiamento utilizado pela indústria biotecnológica moderna americana para trazer os resultados da ciência para a linha de produção e o mercado. Contrariamente a outras áreas da fronteira tecnológica, cujo desenvolvimento industrial foi, e continua sendo, fortemente subsidiado por recursos governamentais sob a capa de "ciência e tecnologia de interesse estratégico", as EDBs biotecnológicas criaram-se e se desenvolveram quase exclusivamente com recursos privados, predominantemente na forma de capital de risco (ver seção 7, subseção "Condições estruturais para o financiamento da biotecnologia moderna no Brasil").

No final dos anos 70 e início dos 80, a indústria biotecnológica moderna nos EUA teve um momento de grande promessa e euforia no mercado financeiro. Numerosas empresas foram criadas, cada uma com um produto de impacto em fase de desenvolvimento e com planos de tornar-se uma empresa verticalizada de médio e grande portes e ter acesso a mercados finais em escala mundial. A oferta de abertura do capital dessas empresas gerou uma resposta entusiástica do público investidor, resultando na forte capitalização dessas EDBs, o que permitiu que planejassem longos períodos de pesquisa e desenvolvimento em busca de produtos radicalmente inovadores. A formação dessas EDBs drenou, em grande medida, a disponibilidade de pessoal formado pelas universidades nos campos da biologia molecular e da imunobiologia, oferecendo carreiras meteóricas e altas remunerações.

Ocorre que os produtos inovadores demoraram a sair dos laboratórios das EDBs e demoraram mais ainda a transpor o obstáculo regulatório das áreas médica, agrícola e ambiental. Agências como a Food & Drug Administration (FDA) e a Environmental Protection Agency (EPA), que, além de seus rigores próprios, tiveram que responder a numerosas preocupações levantadas pela sociedade organizada no que tange à segurança dos produtos biotecnológicos para o homem e para o ambiente, foram forçadas a rever diretrizes originalmente desenvolvidas para outros setores de atividade e a negociar com o Congresso e a indústria interessada um conjunto de regras e mecanismos capazes de proteger o interesse público sem bloquear, contudo, o desenvolvimento científico e industrial da biotecnologia, ou seu acesso ao mercado.

Toda essa demora desanimou os investidores de risco e os tomadores de ações ofertadas às bolsas de valores, decorrendo daí uma acentuada queda da cotação da biotecnologia, entre 1986 e 1989. Mas nesse momento os primeiros produtos de impacto orientados para o diagnóstico e a terapêutica em saúde humana começaram a atingir o mercado interno americano, com vários deles alcançando vendas anuais na faixa dos US$100 milhões a US$200 milhões, colocando-os, portanto, na categoria dos *block-busters* da indústria farmacêutica. Com esses sucessos e centenas de novos produtos em fase de licenciamento na FDA, o quadro de interesse financeiro reverteu-se e houve um grande afluxo de

capitalização em ofertas públicas em 1990-91. A oferta pública de capitais para a biotecnologia industrial aumentou em 100%, entre julho de 1991 e janeiro de 1992, quando atingiu um pico sem precedentes. Embora tenha decrescido no primeiro semestre de 1992, sua tendência atual é de manter-se 36% acima do seu nível de julho 1991 (*Dow Jones biotech index*). No mesmo período, o crescimento da oferta de capital público para a grande indústria americana em geral aumentou apenas 12% (*Dow Jones industrial index*).

Esses indicadores devem ser tomados com cautela no caso da biotecnologia, pois flutuações apreciáveis podem ocorrer devido ao número relativamente pequeno de companhias que compõem o setor e à sensibilidade do público investidor à seqüência de notícias de sucessos e insucessos tecnológicos e regulatórios da nova indústria. Mas não há dúvida de que os capitalizadores de risco apostaram certo e estão retornando a si próprios e aos seus clientes lucros interessantes. O exame do desempenho de um dos principais fundos de capital de risco mostra 61% de lucro médio anual no período 1976-86 (os fundos são constituídos por prazo fixo e são terminados inexoravelmente pela liquidação do patrimônio mobiliário acumulado). Esse exame mostrou também que os investimentos biotecnológicos (cerca de um terço do total deste fundo de capital de risco) foram mais rentáveis e mais previsíveis que os demais.

Com esse quadro geral, são os seguintes os grandes números da biotecnologia americana moderna no ano fiscal 1991-92:

- *número de EDBs* — 1.231, das quais 225 abertas ao público (ver distribuição por mercado-alvo na tabela 1);

Tabela 1
Distribuição das EDBs por mercado-alvo
(%)

Mercado-alvo	Empresas abertas	Total
Terapêuticos	66	38
Diagnósticos	17	28
Insumos especializados	7	16
Ag-biotech	9	10
Indústria química, meio ambiente e serviços	1	8

- *receita anual total da indústria* — US$8,1 bilhões (73% em vendas de produtos; 27% em outras receitas, principalmente *royalties*, contratos e *grants* de P&D);

• *receita anual do segmento aberto ao público* — US$4,5 bilhões (produtos, 75%; outras, 25%; ver distribuição por mercado-alvo na tabela 2);

Tabela 2
Distribuição por mercado-alvo da receita anual do segmento das EDBs aberto ao público
(US$ bilhões)

Mercado-alvo	Receita
Terapêuticos	3,02
Diagnósticos	0,51
Insumos especializados	0,81
Ag-biotech	0,12
Indústria química, meio ambiente e serviços	0,02

• *investimento total nas EDBs* — abertas, US$8,2 bilhões; total, US$13,6 bilhões;

• *número de empregados* — abertas, 37 mil; total, 79 mil; número estimado de cientistas na indústria, 18 mil; receita média por empregado, US$103 mil;

• *gastos com P&D biotecnológico no total das empresas* — US$4,9 bilhões (gasto médio P&D/empregado, US$62 mil; gasto médio/cientista, US$270 mil);

• *base técnico-científica institucional da biotecnologia* — número estimado de cientistas em instituições de pesquisa, 10 mil; gastos com a pesquisa biotecnológica institucional, US$2 bilhões (valor estimado para o ano fiscal 1991-92); gasto médio/cientista, US$200 mil;

• *gastos totais com P&D biotecnológico americano* — US$6,9 bilhões, dos quais US$3,4 bilhões (49%) do governo federal e US$3,5 bilhões (51%) de outras fontes, predominantemente de capital privado.

A indústria biotecnológica moderna americana tem, portanto, como setor líder a saúde humana (especialmente diagnósticos e biofármacos) que, com base em projeções conservadoras de crescimento de vendas nos EUA, deve atingir US$50 bilhões de dólares anuais no ano 2000. Esse número corresponde à metade do que foi previsto há 10 anos para a biotecnologia moderna em todo o mundo, que totalizava US$100 bilhões anuais.

Outro setor que desponta como promissor no cenário americano da biotecnologia moderna é a *ag-biotech*, a biotecnologia voltada para o *agribusiness* (que no conceito americano engloba a agricultura, a pecuária e as indústrias transformadoras nos setores de alimentos, bebidas etc.). A FDA baixou, em 1992, uma diretriz estabelecendo que alimentos e bebidas obtidos por biotecnologia não exibem qualquer perigo especial para o ser humano além daqueles referentes aos seus congêneres naturais ou artificiais não-biotecnológicos. Em conseqüência, espera-se para os próximos anos um grande surto de desenvolvimento das EDBs deste setor, já com vários produtos represados, à espera de aprovação. Estima-se, para o ano 2000, que a *ag-biotech* venha a vender nos EUA cerca de US$10 bilhões anuais.

Finalmente, os gastos de P&D da indústria biotecnológica americana, no valor de US$4,9 bilhões anuais, são, em parte não-desprezível (US$1,4 bilhão), cobertos por fontes possivelmente governamentais, na forma de *grants* e contratos de P&D, embora não tenha sido possível confirmar esta hipótese.

A biotecnologia moderna em outros países

Preocupado com a competitividade da indústria biotecnológica moderna americana, o Office of Technology Assessment do Congresso americano promoveu um estudo comparativo da biotecnologia nos EUA com 16 outros países, incluindo os países fortes ou promissores em biotecnologia (Israel foi a única ausência notável nesse grupo, no qual o Brasil figurou como único representante latino-americano). Desse trabalho e do acompanhamento da indústria feito pela Ernst & Young/San Francisco, apenas a CEE e o Japão foram considerados, no momento, como mais competitivos. A qualidade e porte relativamente significativo das respectivas forças científicas, a presença de setores bioindustriais e agrícolas modernos e fortes e a prioridade que vêm dando à biotecnologia como fonte de inovação em diversos setores da economia são dados importantes dessa competição, que atingiu mais duramente os americanos a partir de 1989, quando grandes conglomerados europeus e japoneses começaram a entrar agressivamente no reduto de saber biotecnológico americano através de mecanismos de capitalização, aquisição de controle e formação de *joint ventures* com EDBs promissoras. Esses movimentos do capital europeu e japonês foram, em parte, ditados pela urgência em se qualificar tecnologicamente na fronteira de uma área estratégica para o domínio de grandes mercados futuros (particularmente o químico, o energético, o agroalimentar e o de saúde humana e animal).

Eram as seguintes as características da biotecnologia no Japão (segundo a Ernst & Young):

• havia forte apoio empresarial nos setores farmacêutico, químico, e de alimentos, energia e agricultura;

• havia forte apoio do governo;

• já existiam mais de 500 EDBs;

• empresas japonesas se concentravam em investir e estabelecer intercâmbios tecnológicos com as melhores empresas americanas e européias de biotecnologia moderna;

• o domínio da biotecnologia no mundo até o ano 2000 foi estabelecido como prioridade nacional;

• no ano 2000, os japoneses esperam contar com um mercado interno para biotecnologia moderna de 15 trilhões de ienes (cerca de US$130 bilhões), a partir do seu valor atual de US$2 bilhões aproximadamente.

Eram estas as características da biotecnologia na Comunidade Econômica Européia (segundo a Ernst & Young):

• a Europa tinha seis das 10 principais companhias farmacêuticas do mundo;

• a CEE estava investindo fortemente em aquisições e *joint ventures* no exterior (principalmente nos EUA);

• a indústria de capital de risco aumentou seus investimentos na Europa para cerca de US$100 milhões em 1990;

• a Comissão da Comunidade Européia planejava investir US$1,2 bilhão em pesquisa biotecnológica de fronteira nos próximos 10 anos;

• o mercado europeu de substâncias bioquímicas deveria alcançar, em 1993, a cifra de US$500 milhões;

• a Europa tinha potencial para programar, coordenadamente, uma expansão de 2 milhões de trabalhadores no seu mercado de mão-de-obra biotecnológica.

Embora vários outros países emergentes tenham investido com entusiasmo na biotecnologia moderna como uma saída inovadora e multiplicadora importante, nenhum deles — inclusive o Brasil — tem condições de competir com os EUA, com a CEE ou com o Japão neste momento. Entretanto, dada a natureza isolada do ato inventivo e a riqueza de alguns desses países em germoplasma animal e vegetal e em microorganismos exóticos, nenhum deles, no momento, está automaticamente excluído da fronteira biotecnológica. Entretanto, tomar parte ativa na corrida biotecnológica para o terceiro milênio é uma questão que exige

planejamento e determinação não apenas "política", envolvendo os atores do processo na indústria, na academia e no mercado investidor.

5. A biotecnologia industrial no Brasil

Situação no início da década de 80

No início da década de 80, importantes instituições científicas, institutos tecnológicos e empresas de biotecnologia clássica se distribuíam por várias regiões do país, com uma concentração grande no Sudeste e Sul (de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul). Embora as relações profissionais e humanas entre instituições de P&D fossem boas, ressentiam-se naturalmente do distanciamento geográfico e da inexistência de uma rede efetiva de comunicações e informações que facilitasse o trabalho colaborativo. Por outro lado, as relações entre centros científicos e empresas ainda eram pouco desenvolvidas.

A biotecnologia clássica nos grandes setores usuários de base agrícola (principalmente indústrias de biomassa, como as relacionadas com o Pró-Álcool e a produção de celulose, madeiras e carvão vegetal) estava bem estabelecida e se satisfazia com seus sucessos no mercado, o mesmo ocorrendo com o setor de bebidas fermentadas. Embora necessitassem de modernização tecnológica (inclusive biotecnológica) e de aprimoramento de seus padrões de qualidade total diante de demandas competitivas crescentes dentro e fora do país, esses setores pouco demandavam da base nacional de ciência e tecnologia. A própria distribuição geográfica dos grandes empreendimentos de base biotecnológica clássica, necessariamente localizados de acordo com os respectivos nichos edafoclimáticos e/ou mercadológicos, conspirava, num país de dimensões continentais, contra a efetiva aproximação técnico-científica entre a indústria e os centros acadêmicos mais avançados, localizados nos grandes centros culturais urbanos.

O Sistema Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Assistência ao Agricultor (Embrapa/Emater), fortalecido a partir da década de 70 em complementação às importantes universidades agrícolas da primeira metade do século, procurou neutralizar este distanciamento através da formação de uma extensa rede de centros nacionais e unidades espalhados pelo Brasil, quase todos com excelentes instalações e nível técnico, além de bom entrosamento com redes congêneres estaduais, algumas também de bom nível técnico. Esse sistema vinha suprindo com eficiência as demandas variadas da agricultura e da biotecnologia clássica, nas áreas de melhoramento genético de vegetais, de manejo de solos e de melhoramento de rebanhos. Com o apoio dessa base, foram bem assimilados pelo Brasil os progressos da genética clássica e da revolução verde, com importantes empresas de sementes (nacionais e estrangeiras) e um número crescente de empresas engajadas com tecnologias mais modernas de manejo, desenvolvimento e reprodução de animais de alto nível para o abate e a produção de leite,

ovos etc. Entretanto, pela forte tradição de atividade voltada para o campo, todo esse contingente detinha pouco embasamento científico em biologia celular e molecular, distanciando-se, portanto, dos avanços da biotecnologia moderna que ocorriam na área biomédica, o que, aliás, se aplicava à pesquisa agrícola em todo o mundo.

A situação na área biomédica brasileira do início dos anos 80 era diferente, com grupos expressivos trabalhando na fronteira do desenvolvimento da biologia celular e molecular em alguns centros mais avançados, onde a aproximação da pesquisa básica e aplicada com a atividade médica de alto nível ocorria vegetativamente, em particular nos hospitais universitários de bom padrão, com atividades de residência e pós-graduação nas especialidades profissionais. Era também notável nos grandes institutos federais e estaduais voltados para a saúde, particularmente o Instituto Oswaldo Cruz, transformado em fundação pública e no grande instituto nacional de saúde pública brasileiro.

Entretanto, a aproximação com a indústria farmacêutica, uma das grandes beneficiárias internacionais da pesquisa biomédica, virtualmente inexistia, já que nela foi mais acentuado o processo de desnacionalização subseqüente à transformação tecnológica, quando, no pós-guerra, a indústria deslocou a ênfase em produtos naturais para a síntese química fina. Considerada forte até 1945, a indústria farmacêutica brasileira — amparada na riqueza de flora e fauna farmacologicamente exótica do Brasil — não acreditou na revolução da tecnologia química, não investiu em pesquisa científica e tecnológica no setor, tornando-se incapaz de resistir à pressão de mercado por uma tecnologia superior. Em 1980, a indústria farmacêutica nacional detinha apenas 15% do mercado. Reduzida na sua capacidade econômica a sobreviver a partir das "sobras" da exploração internacional do mercado interno, a indústria farmacêutica nacional foi progressivamente se desqualificando. Nem mesmo a política de substituição de importações ou a discutível abolição, em 1971, do patenteamento no setor saúde e alimentos, constituíram incentivo suficiente para promover seu fortalecimento tecnológico e econômico. A área químico-farmacêutica desenvolveu-se, assim, no contexto de um mercado desequilibrado, onde empresas multinacionais trabalhavam fundamentalmente com tecnologia importada de suas matrizes, cercadas das precauções típicas que resguardam o sigilo industrial. Embora algumas multinacionais tivessem implantado estruturas de pesquisa e desenvolvimento, essas dependiam totalmente de suas matrizes e se limitavam a inovar apenas na adaptação de formulações às condições nosológicas, sanitárias e econômicas do mercado-alvo. Salvo raras exceções, a atividade interna de P&D nas empresas virtualmente inexistia, confundindo-se quase sempre pesquisa com controle de qualidade de insumos e produtos. Com isso, restou algum espaço produtivo apenas para institutos como a Fiocruz, que se dedicaram a produzir e/ou formular vacinas para a saúde pública, área em que as características de um mercado monocliente não estimulavam a entrada das multinacionais.

O esforço para entrar na corrida biotecnológica

Em decorrência do que já foi exposto, o advento das modernas tecnologias biológicas, desenvolvidas no Primeiro Mundo em íntima articulação com a indústria químico-farmacêutica e a agroindústria multinacional, fazia prever um agravamento do quadro de isolamento dos segmentos modernos das biociências no Brasil. No início da década de 80, tanto o empresariado quanto o governo já estavam conscientes desse problema, e datam dessa época alguns esforços importantes no sentido de corrigir essa desarticulação.

Ação indutora do governo

Na área governamental, foi criado em 1981 o Programa Nacional de Biotecnologia (Pronab), com um subprograma de engenharia genética. Gerenciado pela Finep, o Pronab teve a virtude de cristalizar, na comunidade científica das biociências, uma atitude de comprometimento consciente com a necessidade não só de desenvolver a base científica, como também de levar seus produtos inovadores às prateleiras das farmácias e supermercados. Embora nesse último aspecto o Pronab — fortemente controlado pela comunidade científica — não tivesse tido bons resultados, ele certamente serviu para aportar um reforço de financiamento para grupos de ensino e pesquisa comprometidos com a idéia. Todos eles figuram hoje entre os centros mais fortes de biologia celular e molecular básica e aplicada do país. O Pronab serviu, também, para caracterizar a biotecnologia (especialmente a moderna) como "área estratégica" para o país.

O passo seguinte na iniciativa governamental foi o PADCT. Nascido da idéia de conferir avanço competitivo a determinados setores de "ponta tecnológica" considerados estratégicos, o PADCT congregou demandas importantes de vários setores, que convergiram para um grande empréstimo com o Banco Mundial. O PADCT começou a operar experimentalmente em 1984 e implantou-se de forma definitiva para um período de cinco anos (1985-90), renovado para o qüinqüênio subseqüente (1990-1995). Como a biotecnologia foi um dos setores contemplados, foi possível, através do PADCT, consolidar e ampliar as ações do Pronab; mas somente no final do PADCT I conseguiu-se caracterizar plenamente, na área biotecnológica, o importante papel da participação da empresa privada, sobre o qual recaiu a ênfase do PADCT II no subprograma de biotecnologia. Através dele, o governo federal canalizou para a biotecnologia US$22 milhões no período 1984-90, complementados por US$40 milhões (que deveriam ser duplicados com *matching funds* internacionais) no período 1990-95. Infelizmente, dificuldades de contratação e de desembolso na própria área governamental diminuíram sensivelmente o impacto que o PADCT poderia produzir na base científica da biotecnologia.

Logo após o início do PADCT, com a transição do governo militar para o civil, foi criado o Ministério de Ciência e Tecnologia, no âmbito do qual se estru-

turou uma secretaria (especial) de biotecnologia, encarregada de coordenar as ações de vários programas públicos na área, inclusive o PADCT. Duas outras importantes iniciativas do governo Sarney tiveram um impacto positivo no desenvolvimento da biotecnologia: o CBAB/Cabbio (Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnologia) e o Programa RHAE (Recursos Humanos para as Áreas Estratégicas). O primeiro, iniciado com o estímulo aos acordos de cooperação que, mais tarde, convergiriam para o estabelecimento do Mercosul, chegou a financiar projetos binacionais científicos e de pesquisa empresarial, embora logo viesse a se caracterizar por um comportamento oscilante, devido a dificuldades financeiras dos governos brasileiro e argentino. O Programa RHAE, que consistia na concessão de uma cota significativa de bolsas de estudo e aperfeiçoamento, com ênfase em atividades de P&D na indústria e nas áreas de pesquisa institucional mais claramente ligadas à biotecnologia e demais setores estratégicos, sofreu oscilações depois de um início promissor, e agora tende a se estabilizar com um número anual de bolsas mais baixo que o originalmente previsto.

A própria estrutura do Ministério de Ciência e Tecnologia sofreu oscilações espantosas desde sua criação, em 1985. Ainda no governo Sarney, depois de uma curta gestão de nada menos que três ministros, foi extinto e passou a secretaria, para ressuscitar como ministério em 1989, já no final do governo. Retornou à condição de secretaria durante os dois anos e meio do governo Collor, para, em seguida, voltar a ministério. Esse período de incertezas acarretou um enfraquecimento da capacidade de coordenação do ministério/secretaria, não só no âmbito nacional e interministerial, como também no âmbito das ações concertadas entre as suas próprias agências, o CNPq e a Finep. Essas indefinições se refletem na gestão e na eficácia de programas como o PADCT, o RHAE e o CBAB/Cabbio. Acresce a isto o descalabro que progressivamente dominou o financiamento da ciência e tecnologia durante o governo Collor, que afetou não somente a biotecnologia como também toda a estrutura federal de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, operada pelas agências financiadoras do MCT — CNPq e Finep — e pela Capes/MEC. Apenas alguns setores, como instituições tecnológicas e de ensino superior ligadas a outros ministérios (Embrapa/Mara; Fiocruz/MS; institutos militares) e a pouquíssimos estados (especialmente São Paulo), conseguiram escapar do sucateamento de laboratórios e desperdício/evasão de cérebros. A base científica da biotecnologia, nos seus segmentos dependentes do governo federal, foi a que mais se ressentiu. O Rio de Janeiro, por exemplo, que em 1986 detinha a maior concentração nacional de ciência biotecnológica de alto nível em um único centro urbano — sede da UFRJ e da Fiocruz — perdeu-a para São Paulo em 1992, em função de um grande movimento de *brain-drain* interno.

Nesse quadro, o governo federal estimulou, desde 1985, a consolidação de redes colaborativas regionais de biotecnologia, envolvendo instituições científicas/tecnológicas e empresas. Para estas redes — denominadas Centros Integrados de Biotecnologia (CIBs) — previu-se um esquema flexível, adaptado às peculiaridades regionais. Vários programas de coordenação de âmbito estadual foram lançados em resposta a esses estímulos, casos de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Outros estados optaram por uma concentração geográfica de esforços na forma de pólos ou parques tecnológicos concentrados, como os do Rio de Janeiro/Bio-Rio e de Santa Catarina/CDB). Da mesma forma que as demais atividades de coordenação e financiamento, também estas experimentaram acentuado declínio no que concerne à presença governamental a partir de 1989. Mas a idéia do parque tecnológico em torno de uma "incubadeira de empresas" conseguiu se estabelecer e frutificar.

Dados extraídos do Orçamento da União e das FAPs estaduais revelaram, no quadriênio 1985-88, um dispêndio de recursos públicos para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico das biociências e da bioindústria que totalizou US$175,9 milhões, assim distribuídos: instituições científicas, 95%; indústria (co-financiamento), 5%.

Ações da indústria

A indústria nacional de biotecnologia também experimentou um grande dinamismo na década de 80, que declinou progressivamente a partir de 1989/90, na tentativa de se adaptar às condições de um quadro econômico cada vez mais difícil.

Na área agrícola, o melhoramento genético clássico continuava a dar excelentes frutos, com o desenvolvimento de linhagens novas de cereais e hortaliças. Em 1992, foi criado, na UFRJ, o Programa de Biotecnologia Vegetal, que atuava na confluência do melhoramento vegetal e da nova biotecnologia vegetal. Um grupo de cientistas ligado a esse programa iniciou gestões para a formação de uma empresa de biotecnologia vegetal. Com estudos preliminares financiados por capitais de risco do Rio de Janeiro (Petróleo Ipiranga, Monteiro Aranha e particulares), foi finalmente criada em 1983 a Biomatrix Ltda., produtora de mudas micropropagadas por cultura de tecidos *in vitro*. Em 1985, a empresa foi transformada em Biomatrix S.A., com a entrada da Agroceres como sócia controladora. A empresa implantou-se fisicamente em 1986, em Teresópolis, RJ, com um investimento inicial previsto de US$1,5 milhão, depois ampliado para cerca de US$5 milhões nos anos subseqüentes. A empresa especializou-se em plantas lenhosas (particularmente eucalipto) e na produção de batata-semente livre de vírus, totalmente absorvida pela própria Agroceres, no seu então novo negócio binacional de batata com a Argentina. Em janeiro de 1990, época em que a empresa ainda não atingira o *break even* operacional, suas atividades foram suspensas pelo sócio-controlador. A Biomatrix, que durante sua existência de um qüinqüênio chegou a ter 96 empregados, mantinha um convênio abrangente e criativo de auxílio financeiro e cooperação técnico-científica com o Programa de Biotecnologia Vegetal da UFRJ. Através desse convênio, foram iniciadas várias atividades de pesquisa na universidade. A Biomatrix foi colaboradora importante

no estabelecimento do grupo de Biologia Molecular Vegetal, que hoje funciona no Departamento de Genética, e participou também de projetos de P&D binacionais, através do CBAB/Cabbio, além de dispor, desde 1989, de uma cota de bolsas RHAE.

Quase na mesma época, foi criada, perto de Campinas, SP, a Bioplanta, outra empresa de biotecnologia vegetal, resultante de *joint venture* entre a Souza Cruz (British-American Tobacco) e uma empresa americana de cultura de tecidos vegetais (Native Plants Inc.). Com uma linha de produção e comercialização similar à da Biomatrix, a Bioplanta se beneficiou, desde a sua implantação, de um maior aporte de capitais, eventualmente superior a US$20 milhões, em 1989, quando também foi obrigada a suspender suas atividades. Por se tratar de empresa controlada por capital estrangeiro, a Bioplanta não procurou (nem era elegível) apoios do tipo PADCT, RHAE e CBAB/Cabbio. Ainda assim, manteve importantes vínculos de colaboração com a Unicamp e a Esalq/USP.

Estes dois exemplos de insucesso empresarial de grupos experimentados ao lidarem com a terceirização da biotecnologia vegetal intermediária (cultura de tecidos vegetais) deram margem, no Brasil, a previsões negativas sobre a biotecnologia vegetal moderna como um todo. O exame desses casos deixa claro, contudo, que o insucesso nada teve a ver com a biotecnologia, e sim com a pouca familiaridade de ambos os grupos empresariais com a implantação da tecnologia, o desenvolvimento industrial e a comercialização de produtos relativamente simples como mudas clonadas e batatas-semente. Acrescente-se a isso dificuldades de ordem gerencial típicas de grandes grupos, que normalmente não dispõem de mecanismos nem de tempo para lidar com pequenos empreendimentos de base tecnológica, cujo controle facilmente lhes escapa no âmbito global da administração corporativa. Em que pesem essas constatações, foi perfeitamente lógico e previsível o recuo da Agroceres e da Souza Cruz diante de um quadro nacional de dificuldades crescentes no setor agrícola, em 1989, associado ao aprofundamento da recessão econômica no Brasil e a uma onda de descrédito da biotecnologia que varreu as bolsas de valores americanas entre 1987 e 1988, tendência que, de resto, foi totalmente revertida.

Agroceres e Souza Cruz mantêm, hoje, atividades de P&D em biotecnologia vegetal clássica e intermediária, da mesma forma que um grupo apreciável de empresas ligadas aos setores florestal e sucro-alcooleiro. É importante destacar que vários desses grupos começam agora a buscar, no exterior e no Brasil, vínculos e transferências tecnológicas na área da biotecnologia moderna. Embora todos os grupos brasileiros de qualidade nessa área estejam se envolvendo com parceiros empresariais, a comunidade científica brasileira ainda está desaparelhada para tirar o máximo proveito dessas oportunidades.

A fração do empresariado nacional ativa no setor químico-farmacêutico que investiu em biotecnologia moderna foi, de fato, pequena. São casos típicos a Biobrás e a Microbiológica.

A Biobrás iniciou suas atividades na década de 70, como a primeira empresa brasileira de biotecnologia. Inicialmente dedicada à produção de enzimas industriais, tinha como base científica e origem o grupo de bioquímicos da UFMG, de onde saiu o fundador e diretor-científico da empresa. Ingressou, mais tarde, na produção de insulina por técnicas extrativas de pâncreas animal, tendo, nessa fase, estabelecido uma *joint venture* com a Lilly, poderosa indústria farmacêutica americana e internacional. A fábrica, montada em Montes Claros, MG, continua a produzir insulina por meios tradicionais. Mas a atividade continuada de P&D em associação com a UFMG permitiu a comercialização de uma insulina animal "humanizada" pela ablação enzimática de certos radicais. Mais recentemente, a partir de um projeto de P&D de grande porte, em que a empresa colaborou com a UnB, a USP e a EPM, foi obtida uma insulina humana produzida por microorganismos "engenheirados" inteiramente no Brasil. Com isso, a Biobrás torna-se a terceira empresa no mundo a dominar, com tecnologia própria, a produção da insulina humana recombinante (as outras são a Lilly e a Novo Industri). A Biobrás é um caso interessante, pois mantém-se viável e rentável como empresa de porte médio, apesar de seus investimentos em P&D e de ter passado por uma fase de implantação e consolidação bastante tumultuada até abrir seu capital. Como uma empresa inicialmente pequena, de pequenos sócios detentores de alta tecnologia, teve sobre a Biomatrix e a Bioplanta uma vantagem: tinha de dar certo de qualquer maneira.

A Microbiológica iniciou suas operações no começo da década de 80, como uma produtora de insumos biológicos finos (meios de cultura e soro fetal bovino para cultura de células animais e humanas). Seus fundadores são professores universitários da UFRJ e pequenos investidores. Após alguns anos de indefinição, a empresa deu uma guinada na direção da química fina, e hoje é a única produtora brasileira de AZT (para Aids), obtido por processo próprio. É, também, a única produtora nacional de hormônios vegetais. No transcorrer desse processo, a companhia produziu dois *spin outs*, ambos pequenas empresas instaladas no pólo Bio-Rio: a WL Imunoquímica, que fabrica *kits* diagnósticos e produtos imunológicos, inclusive soro fetal bovino, e a Baktron, que atua no ramo do controle de qualidade microbiológico para alimentos e produtos domissanitários. A WL Imunoquímica, após quintuplicar seu capital, entrou em 1993 em fase de expansão acelerada, lançando um produto novo a cada dois meses. As três empresas citadas mantinham estreitas relações de colaboração com a UFRJ e com algumas outras universidades, para atividades de pesquisa e desenvolvimento. Todas eram beneficiárias de programas de incentivo, como o PADCT e o RHAE. A Microbiológica e a WL têm processos patenteáveis desenvolvidos à espera da liberação legal do patenteamento no setor de saúde.

Ainda na área de saúde humana, outro interessante caso de sucesso é o da Biofill, pequena empresa paranaense nascida da associação de um médico e um técnico de laboratório, que tiveram a idéia de patentear o uso de monocamadas de celulose produzidas por bactérias como substituto de pele em grandes queimadu-

ras e outros usos. Apesar da defecção, de última hora, de um dos investidores brasileiros quase ter ameaçado a viabilidade do empreendimento em 1988, a empresa conseguiu deslanchar com o apoio do BNDESPAR, patenteou seu produto em 17 países, e já o licenciou e colocou à venda na Europa; desde 1992 paga dividendos a seus acionistas.

Assim é que, coexistindo com gigantes internacionais, começa a repetir-se no Brasil o fenômeno da formação de pequenas empresas de base tecnológica, com forte interação com instituições de pesquisa. Também está em marcha o fenômeno de grupamento geográfico dessas empresas em parques tecnológicos e "incubadeiras de empresas", ligadas física e operacionalmente aos nossos melhores centros de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia (Bio-Rio, Bio-Minas, Unicamp, CDB/Joinville, Departamento de Biotecnologia da UFRGS, UnB/Cenargen). Entretanto, é o nível de capital de risco disponível para a fase inicial desses empreendimentos que diferencia a experiência brasileira da de outros países bem-sucedidos, o que confere ao governo brasileiro — especialmente à Finep e ao Sistema BNDES — responsabilidades especiais no modelo de desenvolvimento de uma indústria de ponta, baseada em pequenas empresas criativas.

Ainda na área empresarial, é importante destacar o papel aglutinador e promotor desempenhado pela Abrabi, Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia. Fundada em 1986 por um grupo de apenas oito empresas, promoveu entre essa data e 1991 três eventos congregando empresários e cientistas, a Fenabio (Minas, 1986; Rio, 1988; São Paulo, 1991), o último deles de caráter internacional (a Fenabio/Biolatina 91). A associação cresceu, atingindo 40 membros em 1991 e, ao longo desse período, representou seus associados e a biotecnologia industrial junto ao governo e ao Congresso. A Abrabi produziu importante estudo sobre patentes, defendendo a sua adoção para a área biotecnológica, e promoveu a implantação de "incubadeiras de empresas" e parques tecnológicos para abrigar as pequenas empresas criativas de base tecnológica.

As estatísticas públicas registravam, em 1986, a existência de mais de 400 empresas, públicas e privadas, na área de biotecnologia, a partir de uma definição bastante ampla usada pela Secretaria do Ministério de Ciência e Tecnologia.

Em 1989, a Abrabi (que então contava 33 associados) conseguiu levantar um universo de 234 empresas, entre EDBs e EPBs, ao passo que, em 1993, um levantamento preliminar, restrito aos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, registrou 253 empresas, com uma taxa provável de omissão da ordem de 40%. As duas amostragens são comparadas na tabela 3, em termos de mercado-alvo almejado:

Tabela 3
Distribuição por mercado-alvo das empresas levantadas
(%)

Mercado-alvo	1989	1993
Saúde (humana e animal)	33	36
Agricultura	9	21
Alimentos e bebidas	26	18
Indústrias da biomassa	20	10
Outros (bioinsumos, serviços)	12	15

Essas empresas estão, em sua quase totalidade, ligadas à fabricação e comercialização de produtos de biotecnologias clássicas e intermediárias. Estima-se que pelo menos 30% delas também atuem em pesquisa e desenvolvimento, e que algumas detenham produtos de biotecnologia intermediária e moderna em várias fases de finalização. De acordo com o levantamento de 1989, a indústria biotecnológica brasileira alocou, no quadriênio 1985-89, um total de US$88 milhões em atividades de pesquisa e desenvolvimento, em ações executadas por: instituições científicas, 39%; indústria (outras empresas e auto-investimento), 61%.

Desses números deduz-se, portanto, que atividades de pesquisa e desenvolvimento executadas pela indústria biotecnológica consumiram cerca de US$62,4 milhões no quadriênio 1985-88, ou seja, US$15,6 milhões anuais. Esse cálculo induz a estimar que, em 1988, a indústria biotecnológica moderna empregava apenas 96 cientistas líderes ativos em P&D. Este cálculo baseia-se numa razão de gastos de US$162 mil/pesquisador.ano (estimada como 60% dos custos *per capita* científicos da pesquisa empresarial biotecnológica americana).

Ações das instituições científicas

Os grupos científicos institucionais que trabalham nas áreas relacionadas com biotecnologia no Brasil são filiados a instituições universitárias e a institutos tecnológicos (ou "institutos científicos isolados", de acordo com a classificação das estatísticas americanas), em sua grande maioria vinculados aos governos federal e estaduais.

No quadriênio 1985-88 esses grupos científicos receberam recursos financeiros alocados para P&D no valor total de US$201 milhões, resultando em uma média anual de US$50 milhões. Tomando-se por base de gastos por cientista apenas 60% dos gastos por cientista nos EUA, ou seja, US$120 mil *per capita*, presume-se que, em 1988, existiam cerca de 420 cientistas líderes (doutores) engajados em pesquisas relacionadas com biotecnologia nas universidades e institutos

tecnológicos no Brasil. Essa estimativa se enquadra na mesma ordem de grandeza de levantamentos de 1992, realizados por Glacy Zancan (que estima existirem cerca de 300 orientadores envolvidos nos 80 cursos de pós-graduação relevantes existentes no país).

Dados de 1993 (levantados por Jorge Guimarães) revelam que, em 1991, os investimentos federais e estaduais em ciências biológicas (quase todas embasadoras da biotecnologia) atingiam cerca de US$95 milhões. Este aumento significativo do engajamento governamental com as biociências e as biotecnologias (comparativamente ao quadriênio 1985-88) significa que um número importante de cientistas qualificados foi agregado ao sistema institucional de pesquisa. A aplicação do mesmo cálculo usado acima resultaria em um total de quase 800 cientistas líderes envolvidos com a P&D institucional nas áreas relacionadas à biotecnologia, em 1991. Este aumento aparente é compatível com a formação de mestres e doutores levantada pela Capes para o período 1991/92 (462 doutores e 1.336 mestres). Esse cálculo parece indicar que apenas uma fração — inferior a 50% — dos doutores formados conseguiu constituir grupos autônomos de P&D nas instituições científicas que trabalhavam nas áreas de biociências e biotecnologia, no quadriênio 1989-92.

Outra avaliação independente do número de mestres e doutores qualificados nas ciências biológicas relacionadas com a biotecnologia pode ser obtida a partir do número de bolsas de carreira de pesquisador níveis I e II outorgadas pelo CNPq. Esse número, que totaliza 1.303 bolsas (das quais 747 para doutores, 480 para mestres e 76 para detentores de outros títulos), abrange aproximadamente 2/3 dos mestres e doutores qualificados envolvidos com P&D institucional em biociências ligadas à biotecnologia. A distribuição por setores é fornecida na tabela 4.

Tabela 4
Mestres e doutores envolvidos com biociências

Área	Quantidade	%
Biologia celular e molecular	296	22,7
Biologia vegetal	117	9,0
Biologia humana e animal	365	28,0
Equipamentos e insumos	13	1,0
Química fina e bioquímica	351	26,9
Meio ambiente (controle e avaliação)	129	9,9
Outros	32	2,5
Total	1.303	100,0

Mercado atual da biotecnologia e suas projeções para o ano 2000

A tabela 5 mostra dados colhidos e estimativas feitas em 1990 pela Abrabi sobre os mercados-alvo da biotecnologia no Brasil em 1990, além de projeções feitas para esses mercados para o ano 2000.

Tabela 5
Estimativa preliminar do mercado brasileiro de produtos
e processos biotecnológicos
(US$ milhões)

Mercados-alvo reais e potenciais	Produtos e processos		
	Clássicos	Modernos	Total
Saúde humana e animal			
Valor 1990	2.078,1	396,8	2.474,9
Valor 2000	2.969,6	1.200,6	4.170,2
Agricultura			
Valor 1990	145,4	16,5	161,9
Valor 2000	313,0	165,0	478,0
Ind. alimentos e nutrição			
Valor 1990	3.760,7	223,1	3.983,8
Valor 2000	6.265,9	2.915,1	9.181,0
Ind. biomassa			
Valor 1990	10.419,4	12,2	10.431,6
Valor 2000	16.152,6	1.622,1	17.774,7
Outros (insumos, serviços, biônica)			
Valor 1990	20,2	10,2	30,4
Valor 2000	34,3	65,0	99,3
Totais por classe de produto			
Valor 1990	16.423,8	658,8	17.082,6
Valor 2000	25.735,4	5.967,8	31.703,2

Fonte: Abrabi, 1991 — PCI/Biotecnologia.

A tabela 5 demonstra que a biotecnologia clássica ou convencional já está fortemente inserida na economia brasileira, equivalendo a mais de US$16 bilhões. Em que pese o crescimento do contingente empresarial de biotecnologia (principalmente de pequeno porte) no período 1990-93, é provável que os números relativos a 1992 se situem no mesmo patamar, tendo em vista que a crise econômica do início dos anos 90 desestimulou os investimentos e a atividade comercial.

O grande desafio científico, tecnológico, industrial e comercial para a biotecnologia brasileira reside, todavia, nos desenvolvimentos modernos da biotecnologia. Os produtos e processos da moderna biotecnologia apenas começam a ser utilizados no Brasil e explorados industrial e comercialmente por empresas brasileiras (particularmente a "biotecnologia intermediária"). A Abrabi estimava (ver tabela 5) um mercado nacional potencial superior a US$600 milhões/ano em 1993, com um crescimento para a faixa de US$6 bilhões/ano no final da década (ou seja, 6% das projeções de mercado internacional da biotecnologia moderna para o ano 2000). Além do mercado próprio dos novos produtos e processos, a biotecnologia moderna brasileira pretende também crescer pela sua contribuição ao processo de modernização competitiva e expansão de nosso parque industrial de biotecnologia clássica.

Recursos humanos para a biotecnologia: situação atual

Diferentemente de outros setores de ponta, notoriamente carentes de uma força de C&T competitiva no Brasil (como a informática, a química fina e os novos materiais), as ciências biológicas são uma das áreas científicas mais desenvolvidas no país. As biociências representam, aproximadamente, 35% de todos os cientistas brasileiros, com uma dezena de núcleos disseminadores, de porte e qualidade internacional. Encontra, além disso, também um setor significativo da engenharia nacional em condições de contribuir efetivamente para a biotecnologia moderna, particularmente no setor de fermentações.

Apesar dessa relativa vantagem com relação a outros setores de ponta no Brasil, as biociências e a engenharia bioquímica compartilham do problema geral de pobreza científica nacional. Conta o país com menos de 10% da massa crítica de pesquisa e desenvolvimento necessária para caracterizar o Brasil como um competidor sério, em um mercado nacional e internacional aberto.

A essa pobreza numérica, acrescentam-se:

•o estado de desmobilização e relativo sucateamento das instituições científicas em geral, com reflexos menores mas evidentes sobre os grupos de pesquisa de interesse para a biotecnologia moderna;

•o engajamento ainda mínimo do setor produtivo nas atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, seja por esforço próprio, seja pela interação com as instituições científicas.

Urge estabelecer uma política clara, construtiva e consensual que permita uma alteração imediata desse quadro precário, de modo a fortalecer a base de C&T biotecnológica e o estreitamento do contato entre instituições científicas e empresas. A recuperação dos principais grupos de pesquisa biológica e biotecnológica é, antes de mais nada, um imperativo da formação de recursos humanos na

área. O aumento da massa crítica de pessoal qualificado e de atividades de pesquisa nas instituições científicas é um determinante absoluto do crescimento da atividade de P&D para uma indústria de tecnologia de ponta.

A biotecnologia clássica responde por cerca de 5% do PIB brasileiro e emprega, na produção, comercialização e P&D, cerca de 1 milhão de trabalhadores. É, portanto, um setor industrial cujo mercado de trabalho está bem estabelecido, embora necessite de atenção em termos de aperfeiçoamento, reciclagem e formação de novos recursos humanos.

Já a biotecnologia moderna emprega muito menos mão-de-obra, e, dado o seu papel na capacitação da indústria biotecnológica brasileira, é aí que se situa o problema mais crítico de formação de mão-de-obra. As estimativas da Abrabi para a biotecnologia moderna registravam a existência, no Brasil, em 1990, de 5.500 trabalhadores no setor, dos quais 4.200 de nível superior (2.100 graduados e 2.100 doutores e mestres), 650 de nível médio e 650 de outros níveis.

Segundo os cálculos indiretos anteriormente apresentados, esses números podem ter aumentado 15% em 1992, indo para cerca de 900 doutores e 1.500 mestres. Estima-se, hoje, que pouco mais de 10% do contingente de doutores e 5% da mão-de-obra geral qualificada em biotecnologia moderna estejam empregados na indústria, e o restante, em instituições públicas. Embora essas estatísticas sejam aproximações, partiremos delas como melhor estimativa atual da força de trabalho em biotecnologia moderna na academia e na indústria.

Porquanto seja melhor que a de alguns outros setores na fronteira tecnológica brasileira, prevalece ainda um quadro de carência, tanto quantitativa quanto qualitativa, organizacional, física e financeira.

6. Um modelo quantitativo para o desenvolvimento da biotecnologia moderna no Brasil

Trata-se agora de estimar necessidades futuras da biotecnologia moderna, definindo-se como meta a ocupação, no prazo de dez anos, de pelo menos a metade de um nicho comercial presumido de US$6 bilhões, em serviços, tecnologias e produtos de biotecnologia moderna, inclusive modernização da biotecnologia clássica. Para esse exercício futurológico, serão tomadas como base as projeções do pólo Bio-Rio para o ano 2000:

• investimentos não-reembolsáveis — US$30 milhões;

• capitalização de empresas instaladas — US$108 milhões;

• faturamento anual no 10º ano — US$230 milhões;

• investimento anual em P&D no 10º ano — privado, US$35 milhões; público (não-reembolsável), US$65 milhões (inclui sustentação das equipes de C&T ligadas à biotecnologia nas instituições científicas associadas ao pólo);

• emprego total (todos os níveis) — 6 mil; instituições científicas, 1.500 (850 existentes hoje); empresas, 4.500;

• perfil da força de trabalho — nível superior, 2.400 graduados (40%); 1.200 mestres e doutores (20%); 1.200 técnicos de nível médio (20%); 1.200 profissionais de outros níveis (20%).

Admita-se, para efeito de cálculo, que cinco pólos/parques de proporções similares venham a estabelecer-se em torno dos principais centros produtores de C&T e que representem 50% da atividade de P&D e produção biotecnológica moderna do país. Caberia, portanto, multiplicar por 10 as projeções acima.

De acordo com os números acima, corrigidas diferenças de distribuição entre pólos e empresas isoladas, a força de trabalho total envolvida nos vários aspectos da biotecnologia moderna (das linhas de produção e laboratórios científicos aos escritórios dos executivos-chefes) deveria ser de 70 mil pessoas no ano 2000, distribuídas da seguinte forma: 28 mil graduados de nível superior (40%), 14 mil mestres e doutores, 14 mil técnicos de nível médio e 14 mil profissionais com outras qualificações (20% cada um).

A formação desses profissionais no curto espaço de 10 anos é certamente um ponto de estrangulamento importante das perspectivas de modernização da biotecnologia no Brasil. A adoção dessas metas numéricas exigirá um esforço interno substancial de nossas melhores instituições de ensino superior e médio. No que tange à formação de mestres e doutores e à especialização de técnicos de nível superior, será necessário acoplar esse esforço à ampla formação de recursos humanos no exterior. Para os técnicos de nível médio, serão necessárias ações coordenadas cuidadosamente planejadas, envolvendo as escolas técnicas e o Senai.

Caso a meta proposta para recursos humanos seja alcançada, a indústria de biotecnologia moderna brasileira contará com mão-de-obra capaz de arcar com um faturamento anual de US$4,4 bilhões no ano 2000, ou seja, pouco mais de 70% do nicho global estimado de US$6 bilhões da biotecnologia moderna brasileira previsto na tabela 5. Espera-se também que os ganhos de produtividade e competitividade decorrentes da modernização da biotecnologia clássica levem o setor a aumentar suas vendas em pelo menos 50%, passando a faturar cerca de US$26 bilhões anuais (ver tabela 5).

Um programa de recursos humanos para a biotecnologia moderna, com a perspectiva de satisfazer um mercado (interno e externo) de US$6 bilhões anuais, deve trabalhar com um prazo mínimo de 20 anos para que a oferta interna de mão-de-obra e sua demanda na academia e na indústria consigam entrar em equilíbrio.

A figura 1, baseada nessas estimativas, retrata a dinâmica do crescimento da oferta de mão-de-obra prevista para esse período de 20 anos — entre 1990 e 2010. A figura 2 reflete a progressiva redistribuição do emprego entre empresas e instituições científicas (que hoje detêm mais de 90% da mão-de-obra qualificada para biotecnologia moderna), onde o fenômeno que merece destaque é que, ao

final, cerca de 70% da mão-de-obra especializada estará localizada na indústria de biotecnologia moderna.

Figura 1
Biotecnologia moderna no Brasil
Recursos humanos — plano proposto

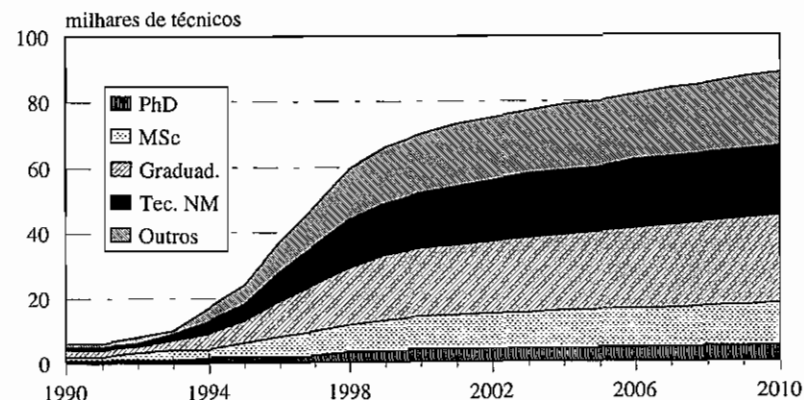
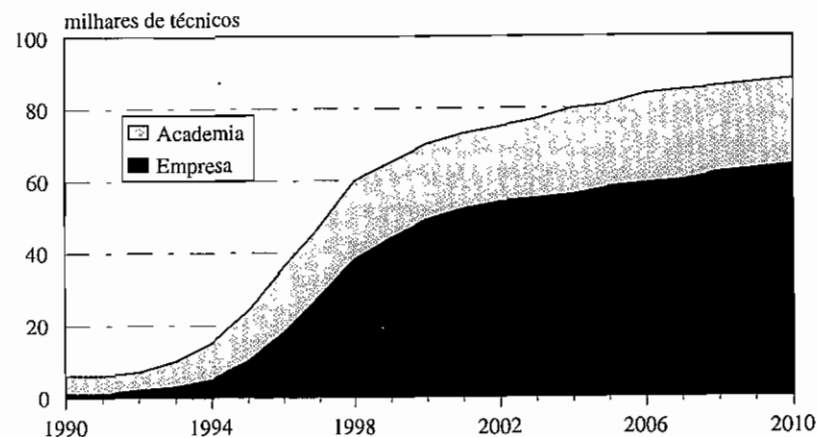



Figura 2
Biotecnologia moderna no Brasil
Emprego na academia e na indústria

As projeções das figuras 1 e 2 estão baseadas em hipóteses plausíveis de evolução do sistema nacional de pós-graduação no setor de biociências e biotecnologia e da exploração ampla de possibilidades de treinamento no exterior. O modelo, expresso numericamente pela planilha eletrônica que consta da tabela 6, detalha o mecanismo da pós-graduação no Brasil e no exterior, prevendo uma taxa de repatriação de 70% (o que só será alcançado com uma efetiva melhora das condições de trabalho e de perspectivas animadoras da biotecnologia moderna no país). A tabela 7 — continuação da tabela 6 — indica as previsões de investimento (em ciência e na indústria) necessários para atingir os resultados desejados, além da evolução do faturamento da indústria brasileira de biotecnologia moderna, do qual cerca de 15% deverão ser dedicados ao investimento empresarial de P&D.

As previsões do modelo para emprego industrial em biotecnologia moderna no ano 2000 (cerca de 50 mil em todos os níveis, para um faturamento previsto de US$4,4 bilhões) guardam razoável proporcionalidade com o quadro atual da indústria biotecnológica americana (79 mil trabalhadores de todos os níveis para vendas de US$5,9 bilhões em produtos). A maior diferença entre o modelo proposto para o Brasil/ano 2000 e a realidade americana de hoje se situa no investimento industrial em pesquisa: as empresas biotecnológicas americanas estão investindo US$4,9 bilhões em P&D, para vendas de US$5,9 bilhões, enquanto o modelo para o Brasil prevê um investimento em P&D de apenas US$1 bilhão, para um faturamento de US$4,4 bilhões. Esta diferença, que indica um hiperinvestimento em P&D das empresas americanas na fase de gestação de novos produtos, poderá ocorrer na prática no Brasil. Para prevê-lo, caberia alterar o modelo, mostrando uma relação inicial física entre investimento em pesquisa e faturamento, que depois evoluiria para um equilíbrio — correspondente a gastos com P&D da ordem de 15% do faturamento — usualmente praticado nas indústrias de base tecnológica estabilizada.

A formação de recursos humanos para biotecnologia, tanto na área industrial quanto na sua base técnico-científica, dependerá de investimentos públicos de grande porte, que só serão eficazes se realizados dentro de um perfeito entrosamento com a indústria e com o setor financeiro privado, sob pena de resultados indesejáveis como o desemprego, o subemprego e o *brain drain*. Aliás, uma das maiores virtudes do modelo proposto nas figuras 1 e 2 e nas tabelas 6 e 7 reside no acoplamento entre os setores científico e industrial em todas as fases do processo de transformação da indústria biotecnológica brasileira.

Finalmente, vale a ressalva de que o modelo proposto apenas traça as grandes linhas para atacar o problema de recursos humanos para a indústria biotecnológica, razão pela qual não se propõe a fixar o número de mestres e doutores, ou técnicos de segundo grau, necessários para os diferentes setores da bioindústria moderna. Evitou-se, aqui, incorrer em exercícios matemáticos de previsão, em favor do que é considerado fator fundamental na relação de sucesso entre ciência e indústria: a absoluta espontaneidade na busca dos caminhos de colaboração e

Tabela 6
Biotecnologia moderna no Brasil — período 1990-2000
Recursos humanos e emprego: evolução

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
RH biotecnologia moderna	5.539	6.175	7.531	10.309	15.596	24.393	36.285	48.681	58.757	65.670	70.137
Doutores	822	847	902	1.016	1.233	1.595	2.089	2.608	3.035	3.333	3.531
Mestres	1.276	1.367	1.560	1.956	2.710	3.966	5.668	7.445	8.893	9.891	10.540
Graduados	2.157	2.342	2.737	3.548	5.090	7.660	11.135	14.763	17.716	19.746	21.063
T. N. Médio	642	810	1.166	1.895	3.282	5.586	8.696	11.933	14.557	16.350	17.501
Outros	642	810	1.166	1.895	3.282	5.586	8.696	11.933	14.557	16.350	17.501
Emprego em biotec. moderna	5.539	6.175	7.531	10.309	15.596	24.393	36.285	48.681	58.757	65.670	70.137
Indústria	1.191	1.407	1.887	2.951	5.274	9.986	17.982	28.186	37.713	44.681	49.172
Doutores	96	102	115	143	206	333	552	832	1.096	1.289	1.415
Mestres	134	151	190	284	510	1.025	1.984	3.288	4.550	5.487	6.092
Graduados	442	493	608	870	1.468	2.745	5.011	7.997	10.835	12.929	14.280
T. N. Médio	132	170	259	465	946	2.001	3.913	6.464	8.903	10.705	11.865
Outros	387	491	715	1.189	2.143	3.882	6.522	9.606	12.329	14.271	15.520
Academia	4.348	4.768	5.644	7.358	10.322	14.407	18.303	20.495	21.044	20.988	20.965
Doutores	725	745	788	872	1.027	1.262	1.538	1.776	1.940	2.044	2.116
Mestres	1.143	1.216	1.369	1.672	2.199	2.942	3.684	4.156	4.343	4.404	4.448
Graduados	1.715	1.849	2.129	2.677	3.622	4.915	6.125	6.766	6.880	6.817	6.783
T. N. Médio	511	639	907	1.430	2.335	3.584	4.783	5.469	5.654	5.645	5.636
Outros	255	319	451	707	1.139	1.704	2.174	2.327	2.228	2.079	1.981

continua

continuação

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Pós-graduados em biotec. moderna											
No Brasil											
Orientadores ativos	75	126	226	404	658	893	961	837	648	499	411
Orientadores disponíveis	298	311	338	389	476	594	711	794	841	867	888
(Brasileiros)	218	224	236	262	308	379	461	533	582	613	635
(Estrang. fixados)	80	87	101	128	168	216	250	261	259	254	253
Orient. adicionais necess.	0	0	0	15	181	299	250	43			
Mestrandos	266	477	896	1.639	2.694	3.667	3.932	3.393	2.589	1.958	1.585
Doutorandos	187	278	460	786	1.253	1.694	1.835	1.628	1.299	1.038	884
Duração M	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Duração D	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Output an. total	180	308	563	1.016	1.660	2.257	2.425	2.104	1.619	1.238	1.013
Output mestres	133	238	448	819	1.347	1.834	1.966	1.697	1.294	979	792
Output doutores	47	70	115	197	313	423	459	407	325	259	221
Produção M/D	2,9	3,4	3,9	4,2	4,3	4,3	4,3	4,2	4,0	3,8	3,6
Aluno/Orientador	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
No exterior											
Bolsistas totais	296	376	537	921	2.371	3.586	3.645	2.515	2.233	2.191	2.175
Bolsistas doutorado	37	79	162	310	518	705	741	610	426	283	197
Bolsistas sanduíche	47	70	115	285	1.401	2.219	1.959	664	325	259	221
Outras bolsas. ano	213	228	260	326	452	661	945	1.241	1.482	1.649	1.757
Duração D	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Duração S	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Taxa retorno D	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Doutores retornados	6	14	28	54	91	123	130	107	75	49	34
Influxo D estrang. *net*	7	14	26	41	47	34	11	-3	-4	-2	1

Tabela 7

Biotecnologia moderna no Brasil — período 1990-2000

Custos e fontes de financiamento

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Custos da pós-graduação[1]	62,63	76,35	103,85	156,97	269,83	372,20	396,02	332,51	287,48	258,45	242,00
Bolsistas	19,75	31,61	55,24	100,90	201,22	286,64	293,61	218,15	166,43	133,54	114,20
P&D orientadores	35,73	37,29	40,51	46,72	57,18	71,30	85,34	95,30	100,87	104,09	106,50
Overhead inst.	7,15	7,46	8,10	9,34	11,44	14,26	17,07	19,06	20,17	20,82	21,30
Custos e financiamento do P&D em biotec. moderna e o faturamento da indústria											
Custos do P&D (exceto PG)[1]	144,84	154,78	176,21	221,11	309,91	466,46	693,70	947,51	1.164,76	1.317,86	1.417,15
P&D institucional	112,51	119,12	133,03	160,58	209,26	278,73	349,19	394,48	412,38	418,06	422,16
P&D industrial	32,33	35,66	43,18	60,53	100,65	187,73	344,51	553,03	752,38	899,80	994,99
Fatur. ind. biotec. moderna[2]	77,97	92,02	117,66	172,35	300,10	593,74	1.168,37	2.016,70	2.942,11	3.753,93	4.402,96
Financiamento de P&D e formação em RH[1]											
Público	195,77	217,34	262,41	352,23	534,73	749,60	914,47	977,51	1.010,92	1.013,22	998,71
Privado	11,70	13,80	17,65	25,85	45,02	89,06	175,26	302,51	441,32	563,09	660,44
Total	207,47	231,14	280,06	378,08	579,74	838,66	1.089,72	1.280,02	1.452,24	1.576,31	1.659,15
Privado/total	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,11	0,16	0,24	0,30	0,36	0,40
Privado/P&D industrial	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,66
Idem percentual	36,17	38,71	40,87	42,71	44,72	47,44	50,87	54,70	58,66	62,58	66,38
US$ Faturam./empregado	65.488	65.401	62.370	58.409	56.906	59.457	64.976	71.549	78.013	84.016	89.542
Salário médio gerado US$	13.098	13.080	12.474	11.682	11.381	11.891	12.995	14.310	15.603	16.803	17.908

[1] US$ milhões.

[2] US$ milhões, calculado pelo custo P&D/0,15 escalado em "S" crescente.

convergência. Qualquer excesso planejador poderia, inclusive, resultar em um desequilíbrio entre oferta e demanda, na medida em que se espere que cada grupo científico, cada empresa e cada investidor saiba como otimizar suas inter-relações.

Os novos recursos humanos para a indústria e a ciência biotecnológicas modernas devem, portanto, ser formados, treinados e periodicamente reciclados em um ambiente diferenciado, em que vigore uma vasta gama de atividades relacionadas à biotecnologia moderna, desde a pesquisa científica até a gestão de empresas envolvidas com P&D, produção e comercialização. A partir dessa perspectiva, a Abrabi propõe que o equacionamento da questão recursos humanos tenha como referencial importante (embora não exclusivo) os pólos ou parques científicos-tecnológicos.

7. As condições de competitividade do Brasil em biotecnologia moderna

Competitividade e acesso a tecnologias inovadoras

A biotecnologia clássica brasileira experimentou um desenvolvimento histórico progressivo e não tem problemas especiais de acesso à tecnologia. É uma indústria solidamente estabelecida, cuja estratégia se baseia na qualidade, produtividade e eficiência de comercialização, em um mercado nacional caracterizado pela competição aberta e pela ausência de proteção tarifária. Predominam, nesse mercado, capitais naconais, embora a capacidade própria de inovação tecnológica desses agentes econômicos seja limitada. O principal problema de nossas empresas de biotecnologia clássica será, a curto e médio prazos (nesta década), o incremento da qualidade e da produtividade. Ganhos sensíveis podem ser introduzidos pela melhoria da gestão tecnológica (inclusive gestão da qualidade) e empresarial como um todo. A longo prazo (próxima década), entretanto, a competitividade do setor depende de sua modernização efetiva. A consolidação dessas estratégias é atribuição de segmentos já consolidados da economia nacional (agricultura, agroindústria, papel e celulose etc.) e não será tratada neste trabalho.

A biotecnologia moderna tem uma problemática totalmente diferente. Do ponto de vista industrial, nasceu na década de 80, em decorrência da apropriação de resultados recentemente acumulados (1960-80) pela investigação científica de fronteira na biologia molecular e celular. Sua base de conhecimentos científicos, desenvolvida nos países industrializados por uma força de trabalho altamente qualificada e crescentemente numerosa, continua evoluindo em ritmo acelerado, renovando rapidamente seu estoque de conhecimentos. Novas biotecnologias modernas e seus produtos já estão afetando significativamente vários mercados-alvo nos países industrializados, deslocando tecnologias e produtos clássicos, e ameaçam invadir mercados até hoje alheios à biotecnologia. Isto torna a biotecnologia moderna um importante fator de transformação da biotecnologia clássica

e, ao mesmo tempo, um importante agente de impacto econômico renovador em vários outros setores.

Em seu atual estado evolutivo, caracteriza-se como tecnologia de ponta, o que dificulta o acesso aos conhecimentos industrialmente relevantes da biotecnologia moderna para o cientista, o tecnólogo ou a empresa brasileira. Algumas das principais tecnologias e produtos estão patenteados no exterior; embora a maioria esteja cuidadosamente retida na forma de segredo industrial. A ausência de proteção à propriedade industrial e a fraqueza do sistema de proteção ao segredo industrial são certamente fatores que contribuem de forma decisiva para que o Brasil — país de reconhecido potencial biotecnológico e detentor de uma das mais ricas variabilidades genéticas do planeta — venha sendo judiciosamente excluído da atividade empresarial internacional na fronteira biotecnológica, embora seja necessário reconhecer que a principal razão da dificuldade de acesso à moderna tecnologia reside na nossa limitada capacidade de planejamento estratégico e de coordenação de ações.

A realidade industrial brasileira em biotecnologia moderna ainda é extremamente modesta. Comparados aos seus congêneres do Primeiro Mundo ou de outros países de industrialização recente, nossos principais núcleos institucionais e empresariais com atividades de P&D ressentem-se de enormes dificuldades de acesso a insumos, equipamentos, serviços de suporte e custeio para uma ação continuada. Ainda assim, os primeiros produtos da engenharia genética e da tecnologia de hibridomas desenvolvidos no Brasil começam a atingir o mercado, graças à excelência relativa (em número e qualidade) da base de ciências biológicas preexistente no país. Contudo, o Brasil não ultrapassará a fase de sucessos esporádicos caso não invista pesadamente na modernização e desenvolvimento de sua base científica de ciências biológicas e engenharias ligadas à biotecnologia, em conjugação com o desenvolvimento de sua indústria biotecnológica de ponta.

Para a biotecnologia moderna, recomenda-se uma estratégia de competitividade baseada em um esforço concentrado de *fortalecimento da base científica nacional*, acoplado à implantação de uma *força de P&D industrial moderna* e de porte adequado a uma função central de inovação de produtos e processos. A seção 5 (subseção "Recursos humanos para a biotecnologia: situação atual") apresentou um modelo de desenvolvimento deste tipo. Essa força de P&D para a biotecnologia industrial deve, necessariamente, ser formada e rapidamente aperfeiçoada em contato íntimo com a comunidade científica nacional e internacional, em um ambiente de regras relacionais e operacionais claras e de exposição intensiva do conjunto a fatores críticos de competitividade intelectual e empresarial.

Nenhuma forma continuada de competitividade industrial pode existir em biotecnologia (clássica ou moderna) no Brasil, sem:

• mecanismos de incorporação da inovação na indústria, incluindo não só a biotecnologia moderna como também a modernização das tecnologias empregadas

pela biotecnologia clássica (as condições de satisfação desse requisito foram discutidas na seção 3, subseção "A interface ciência-indústria");

• o fortalecimento das instituições científicas encarregadas da pesquisa exploratória (básica e aplicada) e da formação de recursos humanos de alto nível, com o estabelecimento de mecanismos de cooperação com a indústria, aspecto que também foi discutido na seção 3;

• a definição de uma tecnologia industrial básica para o setor (proteção à propriedade intelectual, normalização de produtos, certificação de qualidade, licenciamento de produtos e normas de segurança pessoal e ambiental);

• o aparelhamento da gestão *empresarial* para promover o incremento de *qualidade e produtividade* nas atuais empresas de biotecnologia e para criar novas empresas que sejam dinâmicas não só do ponto de vista da inovação tecnológica como de sua eficiência gerencial e mercadológica;

• incentivos financeiros, fiscais e mercadológicos capazes de alavancar a transformação da indústria, conferindo-lhe competitividade.

A discussão a seguir reflete as posições da Abrabi sobre esses temas.

Tecnologia industrial básica para a biotecnologia

Proteção à propriedade industrial

Não há, no Código de Propriedade industrial de 1970 ainda em vigor, uma proibição explícita em relação ao patenteamento em biotecnologia. A proibição incide nela indiretamente, em virtude das restrições nas áreas de saúde humana, alimentos e química (nesta última, apenas os processos de obtenção são passíveis de proteção). Existem hoje no Inpi numerosos pedidos de patentes em biotecnologia (146, em 1990), aguardando pronunciamento. Menos de 10% desses pedidos provêm de empresas brasileiras, e pouquíssimos decorreram de invenções realizadas no Brasil, o que reflete uma baixa atividade criativa em biotecnologia, deixando claro que empresas e inventores brasileiros não se entusiasmaram em dar entrada em pedidos de patente em números sequer proporcionais ao nosso atual esforço em P&D.

A Abrabi sempre foi favorável à tese geral de que a propriedade intelectual em biotecnologia deve ser protegida e, desde 1986, vem discutindo como fazê-lo de forma eficaz e que atenda aos interesses primários da sociedade brasileira, dos inventores e do setor produtivo. Em 1988, a assembléia geral da Abrabi adotou, como posição de discussão, uma proposta que previa a progressividade temporal

na adoção de proteção à propriedade intelectual, condicionada ao domínio também progressivo de conhecimentos e tecnologias biológicas pela ciência e pela indústria no Brasil. Na prática, a idéia de progressividade tem sido difícil de ser implementada, dadas a multiplicidade de frentes de avanço da biotecnologia e a necessidade de adotar-se um quadro legal claro, dentro do qual se pudesse plasmar desenvolvimento tecnológico e uma estratégia de competitividade comercial. Nasceu daí, em 1990, uma segunda posição da Abrabi, propondo a adoção de patentes biotecnológicas sem qualquer condicionante temporal, e formalmente adotada pela assembléia geral de julho de 1991 e apresentada ao Congresso Nacional em agosto de 1991 (Abrabi, 1991a).

Produtos primários. Cientistas e empresas ativas em P&D na biotecnologia moderna têm grande interesse no *patenteamento de produtos primários representados por partes subcelulares ativas de organismos vivos* (inclusive genes, vetores de expressão e assemelhados). Primeiro, a disponibilidade de proteção proveria amplo acesso ao mercado internacional desses produtos, que constituem insumos fundamentais para as atividades de pesquisa. Segundo, a proteção estimularia o investimento em P&D no Brasil e, conseqüentemente, premiaria o inventor nacional. Não há malefícios à vista para a proteção desse tipo de construção biológica pelo engenho humano ou de seus processos de obtenção.

Não há tampouco objeções técnicas ou de conveniência mercadológica para a proteção por patente de microorganismos "engenheirados" ou de seus processos de obtenção. Todavia, tais microorganismos são partículas complexas não-passíveis de plena descrição. Portanto, nesses casos, o requisito de *full disclosure* só pode ser cumprido mediante depósito da cepa em um banco de microorganismos. Existem sistemas internacionais de depósito (Tratado de Budapeste) aos quais o Brasil pode aderir. Por motivos de segurança e conveniência, é aconselhável, contudo, que todo microorganismo patenteado no Brasil seja também aqui depositado. Embora caro, um sistema nacional de depósitos de microorganismos e células de organismos superiores (animais e plantas) deve ser implementado de forma descentralizada, através de núcleos especializados em determinado tipo de microorganismo ou célula. Além de centros de depósitos para fins de patente, esses "bancos" cumprem a importante função de distribuir essas células aos grupos científicos que as requisitam. Já existem no Brasil algumas entidades desse tipo, todas sem finalidades lucrativas.

A questão entra na esfera do debate internacional quando se considera o patenteamento de produtos biotecnológicos primários na forma de plantas e animais transgênicos. Na maioria dos países industrializados, já é (ou começa a ser) admitida a propriedade intelectual sobre animais claramente "engenheirados" pelo homem. No terreno vegetal, a disseminação da patente como mecanismo de proteção é mais extensa, embora coexista com outra forma de proteção: a "proteção de obtenções vegetais" ou "direitos de melhorista". Estes últimos, regidos pela convenção internacional da Upov, constituem uma forma mais mitigada de

poder do proprietário. O detentor do benefício pode registrar uma nova variedade vegetal por ele desenvolvida (por genética clássica ou moderna) e ganha com isso o direito de prover o mercado de semente básica (utilizada pelas companhias sementeiras para multiplicação e produção de semente comercial). Com isso, faz jus a um *royalty*, mas não tem poderes para direcionar a comercialização do seu produto intelectual, contrariamente ao sistema de patente, no qual é total o poder de discriminação comercial do proprietário do direito. Em ambos os sistemas, patente ou direitos de melhoristas, a utilização do produto ou do processo protegido é livre, desde que com a finalidade de pesquisa. Os dois sistemas exigem depósito de material vegetal capaz de reconstituir a planta protegida (semente ou cultura organogênica).

Infelizmente, o sistema Upov, por suas características próprias, não atende aos inventores que lidam com a biotecnologia moderna, particularmente a engenharia genética. Para estes, é necessário o patenteamento de células e indivíduos transformados, mesmo que a proteção "na forma geneticamente fixa de uma espécie, raça ou variedade" venha a ser separada ou cumulativamente outorgada pela Upov (cuja atual convenção prevê e autoriza a dupla proteção).

Produtos secundários. Uma parte importante dos produtos biotecnológicos secundários é representada por produtos químicos, muitos dos quais de aplicação em saúde e alimentação. A Abrabi entende ser, em princípio, desejável estender o patenteamento a qualquer processo ou produto secundário, químico ou não, independentemente de sua destinação de uso, dentro de critérios a serem definidos. Todavia, entende também não ser viável uma resolução unilateral da questão. O assunto deve ser discutido e resolvido juntamente com os demais setores interessados em produtos químicos (principalmente química fina, indústria farmacêutica e indústria de alimentos).

Mecanismos gerais da Convenção de Paris. A Abrabi apóia inteiramente a posição do Brasil no que tange à plena adesão aos mecanismos previstos na Convenção de Paris, cuja observância é resguardada através da World Intelectual Property Organization (Wipo). Vale dizer que a Abrabi entende que autodeterminação nacional na definição de mecanismos e prazos de proteção, de caducidade e de licença compulsória são uma contrapartida de segurança social que equilibra e legitima, de forma efetiva, a outorga do privilégio de exploração concedido ao inventor.

A Abrabi entende, ainda, que existem pontos críticos nas atuais propostas de alteração legislativa, que o governo e o Congresso saberão ponderar, após as sondagens de opinião necessárias.

Segredo industrial. Muitas das informações fundamentais da ciência e da tecnologia biológica tramitam, em função de seu dinamismo, pela rota do segredo industrial, e jamais chegam a ser patenteadas ou protegidas de outra forma. O respeito ao segredo industrial e ao privilégio de comunicação científica privada é absolutamente essencial ao estabelecimento de um intercâmbio intenso e saudável entre agentes de P&D nas instituições científicas e nas empresas, dentro e fora do país. A existência de um ambiente de respeito ao segredo industrial e à comunicação científica privada é também condição *sine qua non* para o estabelecimento de uma ambiência sadia nos pólos e parques científico-industriais de biotecnologia.

A Abrabi insiste num posicionamento ético claro na proteção ao segredo industrial e se coloca frontalmente contrária a qualquer tipo de trânsito não-autorizado de conhecimentos entre atores de P&D, seja no âmbito interno, seja no internacional. Entende também que princípios éticos, por melhores que sejam, somente podem ser operacionalizados na prática comercial se forem instrumentados por dispositivos legais claros, que obriguem pessoas físicas e jurídicas e imponham um sistema de sanções severas, aplicáveis no país e no exterior, aos eventuais infratores.

A Abrabi propõe que essa questão seja enfocada em um momento posterior, com base em estudo jurídico que envolva representação do governo, das empresas e da comunidade científica, na medida em que a questão claramente extrapola o âmbito da biotecnologia.

Certificação de qualidade e licenciamento de produtos

A Abrabi adere integralmente aos preceitos da política industrial e de comércio exterior no que tange ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade. No âmbito da biotecnologia e suas aplicações nos setores de saúde, alimentos e agricultura, normas e padrões compatíveis com as exigências internacionais estão agora sendo estudados pela associação.

Na questão de licenciamento para a comercialização de produtos, particularmente no setor de saúde, a Abrabi entende ser essencial a formação de um grupo de trabalho que reúna a indústria, o governo e uma sólida assessoria técnico-científica, com o objetivo de repensar um sistema simplificado mas exigente em termos qualitativos, que trabalhe com regras claras e seja capaz de acelerar a tramitação de licenças, dentro do princípio de que a consideração fundamental é a segurança e o benefício do cidadão.

Normas de segurança individual e ambiental

Trata-se de um ponto fundamental para a biotecnologia moderna e já existe uma proposta legislativa relativa à bioética e à biossegurança em tramitação no Congresso. Infelizmente, o projeto contém princípios que, se aceitos, tornariam impossíveis as atividades de P&D biotecnológico moderno pela iniciativa privada no Brasil. A Abrabi vem mantendo contatos com os parlamentares e o relator a esse respeito. Até que legislação específica seja aprovada, a Abrabi reco-

menda trabalhar dentro das regras internacionalmente aceitas para segurança individual, coletiva e ambiental (NIH Rules, EPA Rules e OECD Rules).

Condições estruturais para o financiamento da biotecnologia moderna no Brasil

Considerações financeiras constituirão um obstáculo importante na fase de transição da indústria brasileira para a capacitação tecnológica e a competitividade em mercados abertos.

Em biotecnologia moderna, será inviável para uma empresa assumir uma posição competitiva sem dispor de seu próprio núcleo qualificado de P&D, contando com pesquisadores capazes de interagir eficazmente com seus pares nas instituições científicas e tecnológicas. Os custos da implantação física e custeio operacional de um bom núcleo de P&D tornam o investimento pouco atrativo em uma conjuntura de transição, face ao tempo de amadurecimento necessário para retornos de porte significativo (o tempo médio de amadurecimento intelectual e otimização do trabalho de um núcleo de P&D é da ordem de 10 anos).

A experiência dos países industrializados mostra que a capacitação tecnológica de um setor industrial exige um considerável investimento público, cujo retorno à sociedade se fará a médio e longo prazos. Em 1960, a indústria americana recebia recursos federais diretos (fora incentivos fiscais) equivalentes a 63% de todo o seu investimento e custeio de P&D. Este percentual hoje é menor, mas em 1990 a mesma fonte — a National Science Foundation — registrava uma alocação de recursos públicos (sob a forma, principalmente, de contratos competitivos em programas especiais) correspondente a 33% das despesas/investimentos totais da P&D empresarial. Ao mesmo tempo, as despesas com P&D feitas com recursos próprios nos EUA podiam, até recentemente, ser lançadas em dobro para efeitos fiscais. Dificilmente a capacitação tecnológica da indústria brasileira em geral se fará com incentivos menores. Embora a indústria biotecnológica americana tenha-se desenvolvido fundamentalmente na base do capital privado, vale lembrar que cerca de um terço dos dispêndios de P&D da indústria biotecnológica é custeado com recursos governamentais, através de *grants* ou contratos de pesquisa, acompanhando, portanto, a tendência geral da indústria nos EUA.

Os incentivos financeiros diretos (capitalização, financiamento e incentivos fiscais) e indiretos (recursos humanos, implantação de facilidades centrais compartilhadas e fortalecimento da infra-estrutura técnico-científica institucional), propostos pela Política Industrial e de Comércio Exterior (Pice), infelizmente jamais chegaram a desenvolvimento pleno. De fato, o respaldo financeiro da Pice (FNDCT, PADCT, RHAE etc.) ficou sacrificado pela crise econômica nacional, e a parte fiscal, dependente de legislação específica, arrasta-se morosamente pelos desvãos do desentendimento político entre o Executivo e o Legislativo. Existem à disposição apenas os mecanismos clássicos de financiamento com retorno (Adten/Finep e BNDES). Outros mecanismos de investimento, como capitalização pelo Estado e financiamentos com risco compartilhado, estão formalmente fechados às micro e pequenas empresas.

Incentivos fiscais.

Incentivo I. Operações de financiamento, contratadas entre as agências financeiras do Estado e as micro e pequenas empresas tecnologicamente dinâmicas devem ser dispensadas da apresentação de garantias reais ou fiduciárias pelo tomador, considerando-se esta renúncia por parte das agências como parte integrante do risco público no incentivo ao Programa de Competitividade Industrial. Alternativamente, a rotina bancária da avalização pode, nesses casos, ser satisfeita com o aval de uma segunda agência de fomento, que, sem despender recursos, ainda assim participa do risco.

Incentivo II. Refere-se à criação de um sistema de chamadas competitivas, mediante editais públicos amplamente divulgados, para a contratação (ou financiamento não-reembolsável) de projetos de P&D no âmbito dos programas estratégicos de biotecnologia. Os editais devem ser abertos exclusivamente a consórcios científico-tecnológicos que envolvam, obrigatoriamente, instituições científicas e empresas brasileiras de pequeno e médio portes, admitida a subcontratação parcial, no Brasil ou no exterior, de instituições científicas e/ou empresas de qualquer porte.

Incentivo III. Em adição às vantagens fiscais da Medida Provisória nº 280/90 e outras introduzidas pela Portaria nº 538/90, sugere-se a seguinte ampliação: "para fins de demonstração fiscal, todas os gastos contabilizados pela empresa e classificáveis como despesas operacionais ou pagamentos a terceiros relativos a projeto de P&D aprovado no âmbito dos programas estratégicos de biotecnologia serão contabilizados multiplicados pelo fator 2 (dois)".

Incentivo IV. Não serão computáveis como receitas, para fins de imposto de renda, os *royalties* e outros direitos recebidos de qualquer origem, por pessoas físicas ou jurídicas, em decorrência de licenciamento de propriedade intelectual, patenteada ou protegida por outro mecanismo legal, no Brasil e/ou no exterior, condicionado ao atendimento de todas as condições seguintes: a) o beneficiário ser autor, co-autor, financiador ou co-financiador do invento gerador da patente ou proteção; e b) a patente ou proteção ter como principais proprietários (mínimo de 51%), isolados ou consorciados, pessoas jurídicas brasileiras ou pessoas físicas que efetiva e legalmente residam no Brasil e aqui exerçam a sua principal atividade. Propõe-se, como conseqüência natural, que a tributação retida no estrangeiro seja contrabalançada, no Brasil, com a disponibilização de recursos equivalentes, condicionada à sua aplicação em atividades de pesquisa e desenvolvimento comprováveis.

O *incentivo I* vem corrigir uma discriminação odiosa e inteiramente desnecessária das grandes agências federais e seus agentes repassadores nos estados. Se um projeto é bom e consegue atravessar o crivo crítico dessas instituições, não deve deixar de ser apoiado apenas porque o eventual tomador não consegue apresentar garantias reais; nem deve um pequeno empreendimento ter seu financiamento onerado com os custos de garantias fiduciárias vendidas por terceiros agentes.

O *incentivo II* é de importância crítica para uma rápida capacitação tecnológica de empresas engajadas nos programas estratégicos. Em primeiro lugar, permite-lhes, independentemente de tamanho e disponibilidade financeira, implantar e operar núcleos competentes de P&D, empregando a mão-de-obra qualificada que começará a ser gerada pelos centros de ensino e pesquisa e pelas escolas técnicas. Segundo, estimula as empresas de tecnologia de ponta a trabalharem em sistema consorciado com instituições científicas e outras empresas. Terceiro, encoraja todo esse conjunto a buscar complementaridades dentro e fora do país, tendo em vista exclusivamente a eficiência, a qualidade e a adequação dos vários atores do projeto, em ambiente de saudável competição.

O *incentivo III*, na forma de vantagem fiscal adicional à prevista nos novos instrumentos legais, é um estímulo adicional não só à participação em projetos de P&D dos programas estratégicos, como também à maximização de sua contrapartida nesses projetos. Uma empresa que se apresente apenas como contratada em determinado projeto, sem entrar com contrapartida, não se beneficiará. No outro extremo, uma empresa que entre no projeto sem nada receber (isto é, investindo 100% de sua participação), contabilizará em dobro para fins fiscais todas as suas despesas no projeto. Essas empresas poderão mesmo ser incentivadas a cobrir integralmente os custos de um projeto, ou parcela desses custos superior à sua participação física ou intelectual no projeto (portanto, aumentando proporcionalmente sua participação no prêmio da propriedade industrial).

O *incentivo IV* é um prêmio à criatividade e ao investimento em criatividade, onde quer que ele ocorra. É, portanto, de aplicação mais geral que a própria biotecnologia. Contudo, é recomendável em um momento histórico em que se procure induzir uma mudança radical de atitude nos indivíduos e nas empresas, e tem a vantagem adicional de premiar não o esforço, e sim o sucesso.

Do ponto de vista de renúncia fiscal, os *incentivos II* e *III* têm a virtude de ser de aplicação restrita e controlável, no plano contábil, pelas agências públicas, que serão responsáveis pelo sistema de chamadas competitivas e pelo controle dos programas estratégicos. O *incentivo IV*, igualmente restrito em sua aplicação, será controlado através do registro legal da propriedade intelectual e da averbação de contratos de licenciamento ou similares nos órgãos competentes. Desse modo, nenhum desses mecanismos gerará um ônus excessivamente alto para o Orçamento Fiscal, ou abusos de difícil coerção.

Incentivos mercadológicos e competitividade

A biotecnologia clássica tem-se desempenhado satisfatoriamente nos seus segmentos maduros, que enfrentam competição aberta nos mercados internacionais. Já nos segmentos em processo de modernização, a biotecnologia clássica mostra-se ainda frágil para a competição aberta e necessita da atenção e do apoio da biotecnologia moderna.

Em biotecnologia moderna, o acesso eficiente ao mercado é um dos componentes mais críticos do risco. É, sem dúvida, o principal ponto de estrangulamento das micro e pequenas empresas tecnológicas, e um fator de peso nas decisões de investimento de qualquer grande empresa de biotecnologia. Tendo em vista o estado incipiente da indústria biotecnológica moderna no país, é necessário estabelecer mecanismos de apoio especiais para a área. Nessa linha, a Abrabi propõe, como mecanismos importantes e plenamente aplicáveis, tanto à biotecnologia moderna quanto aos setores de biotecnologia clássica ora em fase de modernização, os incentivos adicionais a seguir.

Incentivo V. Os pólos ou parques de biotecnologia poderão organizar redes integradas de comercialização, com a participação de empresas produtoras e compradoras associadas, residentes ou não. Será necesária uma legislação especial para determinar a natureza jurídica das redes e para alocar benefícios fiscais específicos para as transações efetuadas no seu âmbito, ou entre as redes e clientes não-associados.

Incentivo VI. O poder público deverá regulamentar em lei a aplicação do art. 171, § 2º da Constituição, que determina a preferência por empresas brasileiras de capital nacional. Ao lado de exigências gerais feitas a fornecedores do Estado (adesão a sistemas credenciados de certificação de qualidade, observância de padrões legais de cuidados ambientais e licenciamento ético de produtos destinados a uso/consumo humano), a Abrabi pleiteia apenas que: a) as licitações para compras, mesmo emergenciais ou pequenas, sejam automaticamente comunicadas às associações de classe empresariais pertinentes e às redes integradas de comercialização dos pólos/parques científico-tecnológicos devidamente credenciadas junto ao poder público; e b) os grandes compradores estatais (aí incluídas empresas públicas e de economia mista) publiquem e igualmente informem aos pólos/parques científico-tecnológicos e associações de classe as suas programações anuais e plurianuais (se cabível) de compras de produtos, serviços e tecnologias, aí incluídos produtos biotecnológicos primários e secundários.

Incentivo VII. Linhas de financiamento, com cláusula de risco, devem ser oferecidas pelas agências designadas na Portaria nº 538/90, para apoiar a comercialização pioneira, no Brasil e no exterior, de serviços e produtos resultantes de: a) atividade de P&D englobada em programas estratégicos; ou b) processos e produtos passíveis de proteção legal (patente e outros), resultantes de atividade de

P&D realizada por empresas brasileiras de capital nacional e pessoas físicas que residam e trabalhem legalmente no Brasil, sozinhas ou consorciadas, permitindo-se o envolvimento minoritário de pessoa física ou jurídica de qualquer nacionalidade. Em qualquer caso, será exigida a observância de controle de qualidade, cuidado ambiental e licenciamento (quando necessário).

Incentivo VIII. Linhas de financiamento, com cláusula de risco, devem ser oferecidas pelas agências designadas na Portaria nº 538/90, para apoiar pessoas físicas e micro, pequenas e médias empresas brasileiras de capital nacional: a) no registro de patentes e assemelhados, no Brasil e no exterior, e na eventual necessidade de defesa contra a infração comercial ou a contestação legal da propriedade intelectual; b) na busca, participação em concorrências e negociações para o fornecimento de serviços, tecnologias e produtos decorrentes da propriedade intelectual obtida na forma da alínea *a* acima.

Incentivo IX. Tarifas aduaneiras diferenciadas e de natureza temporária devem ser criadas para proteger os cinco primeiros anos de comercialização de serviços e produtos resultantes de trabalhos de P&D efetivamente realizados no Brasil e cuja propriedade intelectual seja legalmente detida por uma pessoa jurídica brasileira, de capital nacional ou não, ou por pessoa física que resida e trabalhe legalmente no Brasil. Para fins estatísticos e de controle comercial, a Abrabi e o poder público devem colaborar na preparação de uma classificação de produtos biotecnológicos primários e secundários que, uma vez aprovada pelas autoridades competentes, passará a ser utilizada como padrão para a classificação aduaneira.

Capital de risco

Foi ressaltada, na quarta seção, a enorme importância do capital de risco (privado e público) para o desenvolvimento de indústrias de ponta, como a biotecnologia. Esse tipo de capitalização funciona quando existem perspectivas de ganhos extraordinários coordenados por investidores sagazes, capazes de assumir riscos altos mas bem-calculados. Esses investidores oferecem-se como depositários fiéis de *private placements* (investimentos privados entregues em confiança, com o alerta sobre o alto risco da operação), aos quais acenam com a possibilidade de lucros concretos muito acima dos usuais, seja no mercado financeiro, seja nas bolsas de valores. Os fundos de capital de risco assim organizados, que correspondem a massas financeiras entre US$20 milhões e US$50 milhões, são judiciosamente aplicados numa carteira diversificada de empreendimentos de base tecnológica com características inovadoras radicais. O capital de risco financia fases finais do desenvolvimento de uma idéia, cooptando seu autor e apropriando as oportunidades de desenvolvimento posterior. Formada a empresa, o fundo geralmente dilui seu risco atraindo outros investidores, especialmente outras

empresas potencialmente interessadas no desenvolvimento daquele produto como tecnologia produtiva ou insumo de produção inovadora.

Completado sob proteção (patente e segredo industrial) o ciclo de aperfeiçoamento tecnológico e feitos os testes oficiais certificadores da eficácia e da ausência de efeitos colaterais ou ambientais indesejáveis, o fundo de investimento de risco prepara a pequena empresa *to go public*, abrindo seu capital diretamente em uma bolsa de valores mobiliários ou e em um "mercado de balcão". Nesse momento, com base no valor comercial das tecnologias e produtos gerados, é determinado o valor das ações e a percentagem do seu total em oferta pública, e o fundo de capital de risco usualmente vende sua parte e capitaliza um lucro importante, que é repassado aos investidores originais dentro de regras previamente acertadas. O resultado final é que a nova empresa pública, fortemente capitalizada pelos subscritores das novas ações, tem agora o capital necessário para prosseguir sua aventura sob a orientação dos novos donos (entre os quais os fundadores quase sempre detêm posições significativas).

Com o objetivo de incorporar a indústria de capital de risco à realidade do mercado de capitais no Brasil, a Abrabi, juntamente com várias outras associações de empresas de base tecnológica no setor de microeletrônica e informática e com apoio da SBPC, apresentou uma emenda ao projeto de lei de incentivos fiscais para o investimento empresarial em ciência e tecnologia, que ora tramita no Senado Federal. Infelizmente, nem a lei foi votada, nem há qualquer certeza da acolhida dos dispositivos sugeridos pela Abrabi.

8. Conclusão

Avaliação da competitividade brasileira em biotecnologia moderna

Para finalizar, a análise centra-se, a seguir, sobre a *competitividade brasileira em biotecnologia moderna*, como *base científica* e como *indústria de biotecnologia moderna*.

Essa questão é ainda mais pertinente quando se sabe que o Brasil está tentando emergir de uma crise econômico-financeira sem precedentes, que atingiu em cheio o financiamento público à ciência e tecnologia. O governo precisa, portanto, concentrar esforços e estar seguro de suas escolhas. A iniciativa privada, também atingida pela crise, precisa, por seu lado, ter certeza de contar com condições adequadas (tecnológicas, econômicas, financeiras e de "regras do jogo") para poder entrar em uma atividade sadia e lucrativa, porque aberta e competitiva.

Nestes termos, é preciso que se diga que dificilmente haverá uma nova fronteira tecnológica que traga mais benefícios para um país como o Brasil do que a biotecnologia moderna. Ela cria um impacto positivo sobre o setor de saúde, um dos pontos críticos de capacitação para o trabalho em toda a economia brasileira, e sobre a agricultura e a agroindústria. Abre, ainda, as portas para utilizações ino-

vadoras da biomassa. Contribui, também, para o manejo ambiental, questão fundamental para resguardar padrões ecológicos seguros para os projetos de industrialização e para a ocupação das cidades e do campo, além de criar possibilidades de grande inovação em áreas ainda pouco desenvolvidas no mundo todo, como a biônica.

Entretanto, o problema não é definir se a biotecnologia moderna é ou não importante para o Brasil, pois não há dúvidas a esse respeito. Os benefícios enumerados (ou grande parte deles) poderão emergir de desenvolvimentos tecnológicos provenientes do Primeiro Mundo, ou até de produtos importados em um mercado internacional aberto e justo. O Brasil é um mercado cada vez mais interessante, que corresponde a cerca de 35% da América Latina como um todo, além de dotado de uma infra-estrutura industrial e comercial razoavelmente sólida. *O problema está em definir se o Brasil poderá ser importante para a biotecnologia moderna*, ou ao menos, se conseguirá, em tempo hábil, ser *autoconfiante em biotecnologia moderna*.

A base científica da biotecnologia moderna brasileira é pequena, mas significativa, e pode servir de base para importantes desenvolvimentos futuros. De fato, como em outros países de origem colonial, as ciências da vida foram as primeiras a se desenvolver, como forma de amparo à economia agrícola e à capacitação geral da mão-de-obra. Hoje, as ciências biológicas e seus ramos biomédico e agropecuário representam mais de 50% da atividade científica de nossas universidades e institutos tecnológicos. São elas, de fato, a base da excelência qualitativa e quantitativa da produção científica brasileira, que ocupa ainda a primeira posição na América Latina e, no âmbito dos países em industrialização, só é superada pela da Índia.

Nos campos mais diretamente ligados à biotecnologia moderna (biologia celular, biologia molecular e outras disciplinas mais gerais que constituem o seu *background*), o Brasil começa a despontar com força, como um dos países em desenvolvimento que mais investiu na montagem de uma infra-estrutura significativa de biociências, com ênfase nos setores proativos em relação à biotecnologia. Existem, atualmente, pelo menos três estruturas de pós-graduação (*lato sensu* e/ou *stricto sensu*), que começam a formar pessoal com apreciável grau de qualificação em biotecnologia moderna, além de importantes laços pessoais e institucionais entre nossos melhores centros e o exterior, derivados, em grande parte, da difusão de estudos no exterior.

Apesar disso, o que existe ainda é muito pouco para um país das dimensões geográficas, demográficas e econômicas do Brasil, como, de resto, fica claro no modelo quantitativo apresentado na seção 6, juntamente com as tabelas 6 e 7 e as figuras 1 e 2. Até o ano 2000, para uma proposta de atender a cerca de 70% do mercado interno de biotecnologia moderna, será necessário ampliar nossa capacitação científica na área de aproximadamente 2.460 para 14.070 mestres e doutores, para atingir um pico de 4.760 mestrandos e doutorandos em formação no

Brasil, número que depois tenderá a diminuir, além de atingir outros 3.645 bolsistas de vários tipos no exterior, número que poderá também diminuir a partir daí.

Os custos da pós-graduação (Brasil e exterior) e da pesquisa intrinsecamente associada nas biociências embasadoras da biotecnologia custa já algo da ordem de US$100 milhões por ano. Custará em 1996 quase US$400 milhões, caindo no ano 2000 para US$242 milhões. Esse investimento financeiro e acadêmico, que fatalmente se fará em detrimento de outras áreas, só se justifica se o Brasil puder, pelo menos, tornar-se autoconfiante em matéria de biotecnologia moderna, entendendo-se por autoconfiante o suprimento de um segmento apreciável da demanda de nosso mercado interno por bens e serviços produzidos no país, com contribuição crescente da base científica brasileira em termos de inovação tecnológica e formação de pessoal qualificado. *Só valerá a pena se envolver em um investimento dessa ordem caso haja uma perfeita sintonia de esforços entre a academia, o governo e o empresariado.* Se isso ocorrer, não haverá obstáculos, no plano científico e tecnológico, para que o Brasil "chegue lá".

A base industrial da biotecnologia moderna brasileira apresenta duas vertentes radicalmente diferentes

A primeira vertente industrial é representada pelas EBPs (empresas de bioprodução), que utilizam seres vivos em bioprocessos produtores de insumos e produtos. A tabela 6 demonstra que as empresas de biotecnologia clássica são extremamente fortes no Brasil, representando acesso a um mercado da ordem de US$17 bilhões anuais. A modernização das EBPs brasileiras (ou de uma parte delas, para ser realista) representa o principal potencial de crescimento imediato da indústria biotecnológica moderna no país e o principal fator econômico a ser considerado para o ano 2000. Para essas empresas, que vão do pequeno ao grande porte, a produção, a comercialização e o lucro são fatores primordiais, com o que não hesitarão em comprar biotecnologia moderna estrangeira, ou estabelecer *joint ventures* com detentores estrangeiros dessas tecnologias, se e quando isso for possível em um mercado internacional aberto e com regras crescentemente rígidas de defesa da propriedade industrial. Assim, para que seja criada uma porta de entrada para a base científica da biotecnologia moderna brasileira poder interagir e crescer, será necessário desde logo criar estruturas de interface e de associação de interesses que torne a "via interna" mais atraente e mais econômica do que a "via externa" (ver abaixo). Provavelmente, o que deverá ocorrer até o ano 2000 é uma combinação das duas vias, com ênfase crescente (mas nunca exclusiva) para a "via interna", à medida que um maior contingente de mão-de-obra qualificada se tornar disponível.

A segunda vertente é representada pelas EDBs (empresas dedicadas à biotecnologia), que se ocupam do desenvolvimento de bioprodutos e bioprocessos inovadores, particularmente novos seres vivos capazes de desempenhar melhor funções produtivas conhecidas, ou abrir novos mercados. As EDBs são as grandes traduto-

ras entre as bancadas científicas e a realidade industrial. *A melhor opção para o Brasil é desenvolver as suas EDBs em íntimo contato com o desenvolvimento da base científica da biotecnologia em parques tecnológicos formados em torno de nossos principais centros geradores de bioconhecimento e de formação de pessoal.* Existem hoje no Brasil nada menos de seis centros científicos institucionais (ou interinstitucionais) que trabalham com programas de "incubadeiras de empresas" voltadas para a biotecnologia, alguns deles com espaço para a formação de parques tecnológicos ao seu redor. Estes centros devem ser o alvo lógico da concentração de esforços em torno das EDBs de biotecnologia moderna, de sua base científica e da formação de pessoal especializado em todos os níveis (inclusive escolas técnicas com programas em biotecnologia).

Conclui-se que, embora as EDBs de biotecnologia moderna estejam começando a se formar no Brasil, sua dinâmica comporta uma ampliação rápida, já que está associada a uma base científica significativa e sua tendência seria evoluir de forma acelerada, em conjugação com as EBPs. Com o crescimento dessas e com o surgimento, no mercado, dos serviços, insumos e produtos finos que lastreiam a bioprodução, estarão completas as condições para uma interação crescente e profícua com as EBPs e com o mercado final.

Todo esse processo, contudo, tem custos para a indústria e para o governo. Excluindo os custos da pós-graduação já citados, o modelo quantitativo apresentado na seção 6 prevê gastos de pesquisa e desenvolvimento pela indústria biotecnológica da ordem de US$43 milhões, para os quais o governo deveria, sob várias formas (inclusive a fundo perdido) aportar pelo menos 70% (além dos gastos a fundo perdido com pesquisas biotecnológicas associadas às instituições científicas, no valor de US$133 milhões em 1992). Sem este apoio governamental, não será possível ir longe, já que a indústria biotecnológica moderna estaria ainda em fase de desenvolvimento de seus negócios, que só começariam a amadurecer nos próximos anos. Prevê-se, com isso, que, no ano 2000, o governo estaria ainda arcando com cerca de 60% desses custos.

Assim, entre formação de recursos humanos e despesas com pesquisa e desenvolvimento, a equação financeira seria a seguinte:

• 1992 — governo, US$262,41 milhões; empresa, US$17,65 milhões; total, US$280,06 milhões;

• 2000 — governo, US$998,71 milhões; empresa, US$660,44 milhões; total, US$1.659,15 milhões.

É essencial que empresa, governo e academia acertem suas metas, orçamentos e comprometimentos desde agora, para que o sistema cresça com um máximo de economia e eficiência.

É possível responder agora à pergunta inicial: *a biotecnologia moderna é importante para o Brasil. O país tem condições básicas para se desenvolver*

científica e industrialmente nesse setor, desde que se assegure que as condições macroeconômicas do processo não interfiram de forma a torná-lo inexeqüível.

Recomendações

• As associações de classe empresarial que reúnem EDBs e EBPs devem, de imediato, em colaboração com o governo e a academia, examinar o modelo quantitativo e as premissas contidas neste trabalho, de forma a concertarem um único plano nacional que defina a participação de cada parte no esforço e nas despesas de um projeto nacional para a biotecnologia moderna.

• O governo, especialmente o Executivo e o Legislativo, deve adotar linhas gerais de ação que provejam os recursos necessários à implementação do lado financeiro público do plano.

• O Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CCT), atualmente em reformulação, deve aprovar o plano e criar os mecanismos necessários para seu efetivo acompanhamento, em íntima colaboração com o empresariado e com as comunidades científicas envolvidas.

• As agências de fomento, os bancos de investimento, o Sebrae e outros provedores de recursos financeiros de fomento deverão assumir o plano como diretiva comum e única para o financiamento da biotecnologia moderna no Brasil. Será fundamental que o plano seja tratado nessas agências com a prioridade concentrada que merecerá um programa nacional, especialmente no que tange à desburocratização, à valorização da qualidade do resultado e à idoneidade financeira dos mecanismos de manejo dos recursos públicos destinados a esse fim.

• Deve ser urgentemente providenciada a organização e oferta de cursos de nível técnico médio, de disciplinas de graduação e de cursos de mestrado e doutorado em biotecnologia. Essas operações devem ser complementadas por um sistema flexível de aperfeiçoamento técnico e científico no Brasil e no exterior (inclusive pós-graduação no exterior).

• Devem ser selecionados não menos do que cinco e não mais do que 10 centros científicos atuantes de biotecnologia para servirem de núcleo para um esforço concentrado de formação de parques tecnológicos voltados para (mas não necessariamente exclusivos de) EDBs. Esses parques tecnológicos deverão ter gestão autônoma, através de pessoas jurídicas em que o empresariado represente ao menos 50% do poder decisório.

• A formação de redes de comercialização envolvendo as micro e pequenas empresas biotecnológicas e as grandes empresas que constituem seu mercado-alvo devem ser uma preocupação primária das federações de indústria (e, portanto, da CNI) e das associações comerciais (incluindo a CNC). Para tanto, o Sebrae deverá exercer

papel central na formação e consolidação dos parques tecnológicos aqui tratados, em especial nos contatos das EDBs com o universo maior de micro e pequenas empresas bioprodutoras ou usuárias de bioprodutos que mais necessitem de modernização tecnológica e programas de qualidade total.

• O Executivo e o Legislativo devem tomar medidas importantes para criar as condições de contorno necessárias à concretização de um programa nacional de biotecnologia (tecnologia industrial básica, mecanismos de financiamento ágil e favorecido e viabilização de uma indústria de capital de risco).

Referências bibliográficas

Abrabi. *Contribuição para um tratamento da biotecnologia moderna na nova lei de propriedade industrial.* Comissão Especial de Propriedade Industrial da Abrabi, 1991a. (Proposta apresentada ao Congresso Nacional.)

———. *Programa de competitividade industrial* — setor biotecnologia. 1991b. (Proposta da Abrabi aprovada pela Câmara Setorial de Biotecnologia, DIC/SNI/ MEFP.)

Burril, G. S. & Lee Jr., K. B. *Biotech 91: a changing environment.* San Francisco, Ernst & Young, 1991.

——— & ———. *Biotech 93: accelerating commercialization; an industry annual report.* San Francisco, Ernst & Young, 1993.

Coombs, J. & Campbell, P. N. *Biotechnology worldwide.* Newbury, CPL Scientific, 1991.

Guimarães, J. A. *Financiamento à ciência e tecnologia em ciências biológicas no Brasil.* (No prelo.)

Medeiros, J. A.; Medeiros, L. A.; Martins, T. & Perilo, S. *Pólos, parques e incubadoras: a busca da modernização e competitividade.* Brasília, CNPq/Ibict e Senai, 1992.

National Science Foundation. *Science and technology data book.* Washington, National Science Foundation, 1990. (NSF 90-304.)

Paes de Carvalho, A. *O pólo Bio-Rio: presente e futuro; um cenário de 1988 a 1998.* Rio de Janeiro, Fundação Bio-Rio, 1988. (Anexo ao plano diretor do pólo Bio-Rio.)

US Congress Office of Technology Assessment. *New developments in biotechnology: patenting life.* Washington, Government Printing Office, 1989.

———. *Biotechnology in a global economy.* Washington, Government Printing Office, 1991.

Zancan, G. *Formação de recursos humanos para a biotecnologia no Brasil.* OEA, 1992. (Projeto Multinacional de Biotecnologia e Tecnologia de Alimentos.)